



Bianca Saraiva Borges

**MAPEAMENTO GEOLÓGICO-ESTRUTURAL  
AO LONGO DO LINEAMENTO BOM SUCESSO  
NA REGIÃO DE IBITURUNA, MG**

Trabalho de Conclusão de Curso

Geologia

UFRJ

Rio de Janeiro

Julho de 2017



Bianca Saraiva Borges

**MAPEAMENTO GEOLÓGICO-ESTRUTURAL  
AO LONGO DO LINEAMENTO BOM SUCESSO  
NA REGIÃO DE IBITURUNA, MG**

Trabalho de Conclusão de Curso de  
Graduação em Geologia do Instituto de  
Geociências, Universidade Federal do Rio  
de Janeiro – UFRJ, apresentado como  
requisito necessário para obtenção do grau  
de Bacharel em Geologia.

Orientador: Everton Marques Bongioiolo

Co-orientadores:

Gustavo Luiz Campos Pires

Ciro Alexandre Ávila

## **FICHA CATALOGRÁFICA**

**SARAIVA BORGES, Bianca**

**MAPEAMENTO GEOLÓGICO-ESTRUTURAL AO LONGO DO  
LINEAMENTO BOM SUCESSO NA REGIÃO DE IBITURUNA, MG/  
Bianca Saraiva Borges**

**SB732M, p. 57, UFRJ/ IGEO, 2017.**

**Trabalho Final de Curso (Bacharelado em Geologia) – Universidade  
Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de  
Geologia, 2017.**

**Orientador: Everton Marques Bongioiolo**

**Co-orientadores: Gustavo Luiz Campos Pires e Ciro Alexandre Ávila**

- 1. Mapeamento geológico-estrutural.**
- 2. Serra de Bom Sucesso.**
- 3. Evolução tectono-metamórfica.**
- 4. Cráton São Francisco.**

**Bianca Saraiva Borges**

**Mapeamento geológico-estrutural ao longo do lineamento Bom Sucesso na  
região da serra de Ibituruna, MG**

Trabalho de Conclusão de Curso de  
Graduação em Geologia do Instituto  
de Geociências, Universidade Federal  
do Rio de Janeiro – UFRJ,  
apresentado como requisito  
necessário para obtenção do grau de  
Bacharel em Geologia.

Orientador: Everton Marques  
Bongiolo

Aprovada em: 17 de Julho de 2017

Por:

\_\_\_\_\_  
Orientador: Prof. Dr. Everton Marques Bongiolo (UFRJ)

\_\_\_\_\_  
Dr. José Carlos Sícoli Seoane (UFRJ)

\_\_\_\_\_  
Dr. Julio Cezar Mendes (UFRJ)

## RESUMO

SARAIVA BORGES, B. **Mapeamento geológico-estrutural ao longo do lineamento Bom Sucesso na região de Ibituruna, MG.** Ano 2017, p. 57, Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

A porção sul do cráton São Francisco (CSF) vem sendo intensamente estudada nos últimos anos, principalmente devido a incertezas relacionadas à sua evolução desde o Arqueano até o Paleoproterozoico. Trabalhos prévios demonstram que nas bordas do proto-cráton se desenvolveu uma margem passiva (bacia Minas, transição Arqueano-Paleoproterozoico), que foi posteriormente acrescida ao proto-cráton durante os estágios finais de desenvolvimento de arcos intra-oceânicos do Cinturão Mineiro. O limite entre os domínios arqueanos (ao oeste) e paleoproterozoicos (ao leste) é reconhecido na literatura como Lineamento Ibituruna-Jeceaba-Bom Sucesso (LIJB) ou Serra de Bom Sucesso (*trend* NE-SW), no qual afloram rochas relacionadas à bacia Minas, intensamente estudada no Quadrilátero Ferrífero (QF) devido às jazidas de ferro. O presente trabalho consiste no mapeamento geológico-estrutural na escala 1: 12 500 em uma área de *ca.* 48 km<sup>2</sup> da serra de Bom Sucesso situada nos arredores da cidade de Ibituruna, sul de Minas Gerais. O estudo detalhado das unidades ao longo dessa serra, compreendendo descrições detalhadas das litologias e estruturas, tem por objetivo compreender seu papel na evolução tectono-metamórfica entre os terrenos arqueanos-paleoproterozoicos da porção sul do CSF, além da correlação dessas unidades com a estratigrafia do Supergrupo Minas bem caracterizado no QF. O mapeamento geológico possibilitou a subdivisão em três domínios (oeste da serra, serra e leste da serra) incluindo 9 unidades mapeáveis. A oeste da serra afloram unidade metavulcanossedimentar (predominância de rochas metaultramáficas) e metagranitoides (Aureliano Mourão e Bom Sucesso), todos cortados por diques de metadiabásio com orientação predominantemente NW-SE e E-W, e apresentando foliação preferencial NE-SW. A serra é caracterizada por uma sequência metassedimentar de quartzito, (granada)-muscovita-xisto e formação ferrífera bandada. E ao leste da serra afloram unidades metaultramáficas e metadiorito Rio Grande. A estrutura principal observada nas rochas que compõem a serra foi interpretada como uma dobra sinformal fechada de primeira ordem. Foi reconhecido que o contato entre a serra de Bom Sucesso e os terrenos adjacentes (oeste e leste) é limitado por uma falha, assim sendo um contato tectônico. No domínio oeste, nas zonas proximais à base da serra, foram observados eventos posteriores incluindo milonitização e silicificação. A partir de dados estruturais preliminares foi sugerido que os três domínios da área de mapeamento (oeste, serra e leste) foram influenciados por um mesmo evento tectônico, provavelmente relacionado à orogenia Riacciana-Orosiniana. Dessa forma, as fases deformacionais identificadas nas rochas de todo o conjunto (oeste, serra e leste) foram interpretadas como produto de duas etapas de deformação progressiva ( $D_1$  e  $D_2$ ). Além disso, é possível que todo esse conjunto tenha sofrido condições mínimas de pico metamórfico na fácies xisto verde alto (zona da granada).

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela minha vida e por ter me dado saúde para chegar até aqui.

Agradeço a minha família por todo amor, paciência e apoio durante toda a minha graduação, minha mãe Sérgia Carla, minhas irmãs Bruna e Beatriz e, em especial aos meus avós Sérgio e Deucla que sempre investiram na minha educação e me proporcionaram chegar até aqui.

Agradeço as grandes amigas Carolina Salvador e Lorena Martins por toda parceria e aos demais queridos amigos da graduação por todos os bons, e inesquecíveis momentos que vivemos ao longo desses anos.

Agradeço a todos os professores por todos os ensinamentos, por terem me ensinado o quanto a geologia é bela e terem contribuído para a minha formação.

Aos professores Everton Bongioiolo e Gustavo Pires pela orientação, por toda paciência, pela grande ajuda e conhecimento compartilhado durante este trabalho. Ao professor Ciro Ávila pelos ensinamentos e aos professores André Ribeiro e Henrique Dayan pela ajuda e por sempre se mostrarem solícitos para esclarecerem dúvidas referentes ao trabalho.

Agradeço a oportunidade de estágio no laboratório Lab2M-COPPE onde pude aprender tudo o que sei de Arcgis e foi fundamental para a realização do meu mapa de campo. Ao professor Cainho, pelos ensinamentos de geoprocessamento que também contribuíram.

Agradeço a UFRJ pelas diárias e transporte concedidos para as atividades dos demais campos da graduação e para o trabalho de monografia. Agradeço aos professores, monitores e colegas de estágio de campo III das turmas de 2015 e 2016 pelo apoio e ajuda nas campanhas de campo, e também a turma de 2014 pelo fornecimento de dados. Aos motoristas por levarem até as áreas de campo e ao Emiraldo pela confecção das lâminas utilizadas nesse trabalho.

Ao Centro de Tecnologia Mineral (CETEM), em especial ao Reineir Neumann, Josimar pelo auxílio no uso dos equipamentos e a Antonieta e aluna Larissa Santana pela ajuda.

Ao Laboratório de Geologia Sedimentar (Lagesed -UFRJ) pela utilização do microscópio para obtenção das imagens das lâminas.

Agradeço aos membros da banca examinadora, por terem aceitado o convite, e pela valiosa contribuição nesse trabalho, doando tempo e conhecimento.

E por fim, agradeço a geologia por ter me feito enxergar a vida e o mundo com outros olhos. E por todas as experiências já vividas e as que ainda terão pela frente.

## SUMÁRIO

CAPA	I
CONTRA CAPA	II
FICHA CATALOGRÁFICA	III
RESUMO	V
AGRADECIMENTOS	VI
SUMÁRIO	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE TABELAS	XIII
CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO .....	1
1.1 - Localização geográfica e vias de acesso .....	1
1.2 - Objetivos .....	2
1.3 - Metodologia .....	2
1.3.1 - Etapa pré-campo .....	2
1.3.2 - Etapa de campo .....	5
1.3.3 - Etapa pós-campo .....	6
CAPÍTULO II - GEOLOGIA REGIONAL .....	8
2.1 - Domínio Arqueano .....	9
2.2 - Domínio de transição Arqueano-Paleoproterozoico .....	11
2.3 - Domínio Paleoproterozoico .....	14
CAPÍTULO III – GEOLOGIA DA ÁREA MAPEADA .....	15
3.1 - UNIDADES A OESTE DA SERRA DE BOM SUCESSO .....	16
3.1.1 - Unidade metavulcanossedimentar .....	16
3.1.2 - Metagranitoide Aureliano Mourão .....	18
3.1.3 - Metagranitoide Bom Sucesso .....	19
3.1.4 - Diques de metadiabásio .....	20
3.2 - SUCESSÃO METASSEDIMENTAR DA SERRA DE BOM SUCESSO .....	21
3.2.1 - Quartzito .....	21
3.2.2 - (Granada)-muscovita xisto .....	23
3.2.3 - Formação Ferífera Bandada .....	24
3.3 - UNIDADES A LESTE DA SERRA DE BOM SUCESSO .....	25
3.3.1 - Unidade Metaultramáfica .....	25
3.3.2 - Metadiorito Rio Grande .....	26
CAPÍTULO IV – GEOLOGIA ESTRUTURAL E MICROTTECTÔNICA .....	27
4.1 - Estruturas nas rochas da Serra de Bom Sucesso .....	27

4.2 - Estruturas no domínio oeste .....	30
4.3 - Estruturas no domínio leste .....	34
<b>CAPÍTULO V – DISCUSSÕES E CONCLUSÕES .....</b>	<b>35</b>
5.1 - Correlações entre as unidades mapeadas e outros domínios arqueanos - paleoproterozoicos no sul do CSF .....	35
5.2 - Geologia Estrutural .....	37
5.3 – Evidências de campo sobre a estruturação da serra de Bom Sucesso .....	38
5.4 - Metamorfismo .....	39
<b>CAPÍTULO VI - CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>40</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>41</b>
<b>ANEXO I: MAPA GEOLÓGICO E DE PONTOS</b>	



## Lista Figuras

- Figura 1.** Mapa de localização da área de estudo a partir da cidade do Rio de Janeiro. (Fonte: Google Earth (satélite da NASA), acesso em 07/03/2017). ..... 2
- Figura 2.** Modelo digital de terreno elaborado para a porção sul da Serra de Bom Sucesso. As curvas de níveis são espaçadas em 20 metros ..... 4
- Figura 3.** Imagem de satélite (obtida com o *software* Terra Incógnita) mostrando o limite da área estudada (retângulo vermelho), os pontos mapeados (em preto) e as seções geológico-estruturais realizadas em campo (linhas vermelhas) ..... 5
- Figura 4.** Localização da área de estudo (retângulo vermelho) ao longo da serra de Bom Sucesso no extremo meridional do cráton São Francisco. Segundo a literatura, a área de estudo inclui terrenos tectonicamente estáveis em relação aos cinturões móveis do Panafricano - Brasileiro, porém com influência termal e deformacional durante o Paleoproterozoico (extraído de Ávila *et al.*, 2014). ..... 8
- Figura 5.** Esboço simplificado da evolução geodinâmica da crosta arqueana TTG durante os eventos RVI, RVII e Mamona (extraído de Farina *et al.*, 2016). (A) Formação de crosta continental por múltiplas acreções de arcos de ilhas. Crescimento desse segmento em conjunto à adição de magmas TTGs e material dos *greenstone belts*. (B) Durante o evento Rio das Velhas II a subducção de uma crosta oceânica sob bloco continental permitiu a formação de granitoides de médio-K pela mistura entre dois componentes: *melts* derivados da fusão parcial da crosta oceânica máfica e *melts* derivados da reciclagem da antiga crosta continental. Durante esse evento, houve vulcanismo félsico sobre a sequência máfica-ultramáfica do Grupo Nova Lima (C) Colisão de blocos continentais durante o evento Mamona, incluindo diferenciação da crosta pretérita, deformação do Supergrupo Rio das Velhas e intrusão de granitoides potássicos tardios. .... 10
- Figura 6.** Coluna estratigráfica do Supergrupo Rio das Velhas e Supergrupo Minas com a inclusão do intervalo de tempo relacionado ao Cinturão Mineiro. Extraído de Ávila *et al.* 2014, contendo modificação da coluna original de (Alkmim, 2006) , com a exclusão do Grupo Sabará do Supergrupo Minas. .... 13
- Figura 7.** Modelo 3D da área mapeada mostrando a Serra de Bom Sucesso e as diferentes unidades encontradas a oeste e leste da mesma. .... 15
- Figura 8.** (A) Afloramento de clorita-talco-xisto pouco alterado e com foliação principal bem marcada (linhas tracejadas em amarelo). (B) Saprólito avermelhado da unidade metaultramáfica cortado por pegmatito esbranquiçado. (C) Detalhe de concentração de cristais de magnetita intemperizados (seta amarela). (D) Detalhe de rocha metaultramáfica com porfiroblastos de tremolita alongados sem orientação preferencial. Tamanho clips = 1,2 cm. (E) Anfibolitito de granulação grossa com predomínio de cristais de anfibólio (preto) em relação ao plagioclásio (branco). (F) Detalhe para o muscovita xisto de coloração esverdeada. Tamanho clips = 1,2 cm. .... 17
- Figura 9.** (A) Fenocristais de feldspato com hábito tabular e com alinhamento dos grãos de quartzo “fitados” segundo a foliação principal no metagranitoide Aureliano Mourão. (B)

Textura <i>rapakivi</i> observada localizadamente no metagranitoide Aureliano Mourão. Tamanho moeda = 2,2 cm.....	18
Figura 10. Lajedo do metagranitoide Aureliano Mourão cortado por pegmatito (vermelho) e dique de metagranitoide de granulação fina (amarelo). .....	19
Figura 11. (A) Afloramento apresentando o Metagranitoide Bom Sucesso (centro) cortando o Metagranitoide Aureliano Mourão. (B) Aspecto de afloramento de blocos <i>in situ</i> do Metagranitoide Bom Sucesso. ....	20
Figura 12. Aspecto macroscópico da (A) fácies hololeucocrática e (B) fácies biotítica do Metagranitoide Bom Sucesso. Notar a foliação incipiente marcada pela orientação preferencial de agregados de biotita. ....	20
Figura 13. (A) Detalhe de esfoliação esferoidal em bloco de metadiabásio. (B) Detalhe de bordas irregulares de fenocristais de até 5 cm (seta vermelha) em metadiabásio porfirítico.....	21
Figura 14. Afloramento de quartzito maciço com aproximadamente 5 metros de altura no topo da serra.....	22
Figura 15. Aspecto macroscópico (A) e microscópico (B; nicóis cruzados) de quartzito constituído por grânulos de quartzo (ponto BS-76). Aspecto macroscópico (C; notar crenulação) e microscópico (D; nicóis cruzados) de quartzito-xisto da serra de Bom Sucesso (ponto BS-26)...	22
Figura 16. Aspecto de campo da unidade (granada)-muscovita xisto. (A) Granada-muscovita xisto aflorante ao sul da área de estudo e que compõe a principal litologia dessa unidade. Tamanho do clipe = 1,2 cm. (B) Ao norte da serra (fora da principal área de mapeamento) o granada-muscovita xisto grada lateralmente para sericita-quartzo fítilo.....	23
Figura 17. Interpretação de difratograma de raios-X (método do pó) obtido em sericita-quartzo fítilo da unidade (granada)-muscovita xisto.....	24
Figura 18. Formação ferrífera bandada ( <i>BIF</i> ). (A) Forte foliação, regular, com espaçamento centimétrico refletindo o bandamento composicional na <i>BIF</i> ; (B) Detalhe para a intercalação de níveis ricos em quartzo (branco) com níveis ricos em magnetita ± hematita (vermelho) compondo bandamento composicional, muitas vezes dobrado.....	25
Figura 19. Interpretação de difratograma de raios X (método do pó) obtido em anfibolitito intercalado na formação ferrífera bandada. ....	25
Figura 20. (A) Aspecto macroscópico do anfibolitito de granulação fina e uma foliação bem desenvolvida. Tamanho moeda = 2 cm. (B) Detalhe em fotomicrografia mostrando cristais de hornblenda de cor verde escura, marcando a foliação principal da rocha (nicóis descruzados; ponto BS-114).....	26
Figura 21. Representação estereográfica (igual área, hemisfério inferior) de pólos da foliação principal $S_n/S_{n+1}$ medida nas rochas da serra de Bom Sucesso, e em verde, pólos de planos de clivagem plano axial ( $S_{n+1}$ ) de dobras apertadas.....	28
Figura 22. (A) Quartzito xisto da unidade quartzítica apresentando foliação $S_n$ dobrada em dobras com plano axial $S_{n+1}$ e charneiras em <i>chevron</i> . (B) Detalhe em foto-scan mostrando o	

padrão de dobras em *chevron* do evento  $D_{n+1}$  no quartzo xisto (nicóis cruzados; lâmina BS-26). (C) Representação estereográfica (igual área, hemisfério inferior) de eixo de dobra do evento  $D_{n+1}$  tanto para NE quanto para SW. (D) Detalhe para exposição de quartzito mostrando dobras com caimento suave (seta amarela)..... 28

Figura 23. Granada-muscovita xisto da sucessão metassedimentar da serra com foliação  $S_n$  crenulada em clivagem de crenulação  $S_{n+1}$  (nicóis descruzados; amostra IB-04-46)..... 29

Figura 24. (A) e (B) Afloramentos de quartzito da serra de Bom Sucesso com a foliação  $S_n$  deformada em dobras apertadas e isoclinais com plano axial  $S_n/S_{n+1}$ . ..... 29

Figura 25. Representação estereográfica (igual área, hemisfério inferior) de pólos da foliação principal  $S_n/S_{n+1}$  medida nas rochas do domínio oeste, e em verde, pólos de planos de clivagem plano axial ( $S_{n+1}$ ). ..... 31

Figura 26. Afloramento de xisto metaultramáfico com a foliação  $S_n$  deformada por uma segunda fase de deformação  $D_{n+1}$ , na qual gerou uma foliação dobrada com plano axial  $S_{n+1}$ . ..... 31

Figura 27. Representação estereográfica (igual área, hemisfério inferior) de eixo de dobra do evento  $D_{n+1}$  tanto para NE quanto para SW. .... 32

Figura 28. (A) Fotomicrografia do muscovita-xisto mostrando uma clivagem ardosiana  $S_n$  transposta em uma clivagem de crenulação  $S_{n+1}$  (nicóis cruzados; lâmina IB-02-42). (B) Fotomicrografia de talco-tremolita xisto com clivagem plano axial  $S_{n+1}$  de dobras que deformam a foliação antiga  $S_n$  (nicóis cruzados; lâmina IB-02-90; notar porfiroblastos de tremolita tardios e orientados segundo  $S_{n+1}$ ). ..... 32

Figura 29. (A) e (B) Aspecto macroscópico do milonito encontrado nas zonas proximais da base da serra (pontos: NZS-04-195 e NZS-03-211; notar porfiroclastos de K-feldspato estirados e deformados). Tamanho clips = 1,2 cm. (C) Milonito com granulação fina e foliação bem desenvolvida pela orientação da biotita (ponto IB-04-05). Tamanho moeda = 2 cm. (D) Milonito com foliação  $S_{n+1}$  espaçada contendo domínio da clivagem pela biotita e domínio do *micróclito* marcado por quartzo e K-feldspato (ponto BS-138). Tamanho moeda = 2 cm. .... 33

Figura 30. (A) Aspecto macroscópico do metagranitoide silicificado nas zonas proximais a base da serra com cristais quartzosos de até 4 cm e microscópico com cristais de microclínio (B; nicóis cruzados; lâmina NZS-03-105). (C) Aspecto macroscópico do metagranitoide silicificado com granulação mais fina, foliação mais evidente e (D) microscópico com uma foliação mais antiga ( $S_n$ ) defletida por cristais quartzosos (nicóis cruzados; lâmina IB-04-07). Essa foliação  $S_n$  foi deformada pelo evento  $D_{n+1}$  gerando dobras com plano axial  $S_{n+1}$ . ..... 33

Figura 31. (A) Representação estereográfica (igual área, hemisfério inferior) de pólos da foliação principal  $S_{n+1}$  no domínio leste. (B) Anfibolitito com clivagem plano axial  $S_{n+1}$  marcada pelos minerais de hornblenda. .... 34

Figura 32. (A) Representação esquemática da margem passiva formada na borda do paleocontinente arqueano. (B) Representação esquemática do estágio inicial de subducção de uma crosta oceânica e esforços compressoriais atuando sobre os depósitos da margem passiva na borda do paleocontinente arqueano. (C) Representação da sucessão sedimentar depositada na

**margem passiva profunda na borda do paleocontinente. (D) Cavalgamento da sucessão sedimentar para NW devido aos esforços compressoriais..... 36**

**Figura 33. (A) Representação esquemática da sucessão sedimentar que foi cavalgada e colocada sobre o paleocontinente arqueano (notar que a base dessa sequência é um empurrão). (B) Representação esquemática em diagrama 3D da continuação da subducção da crosta oceânica até o fechamento total do oceano. Com o prosseguimento desses esforços compressoriais ocorre o dobramento da falha de empurrão e da sucessão de margem passiva, resultando na configuração atual da serra de Bom Sucesso (C)..... 37**

**Figura 34. Representação esquemática da seção D-D' realizada na porção norte da serra de Bom sucesso fora da principal área de mapeamento. .... 40**

<b>Tabela 1. Listagem das lâminas delgadas confeccionadas e suas respectivas litologias.....</b>	<b>7</b>
<b>Tabela 2. Listagem das amostras analisadas por difratometria de raios-X (DRX).....</b>	<b>7</b>

## CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO

A porção sul do cráton do São Francisco (CSF) vem sendo intensamente estudada nos últimos anos, principalmente devido a incertezas e complexidade relacionadas à sua evolução geotectônica policíclica.

As massas continentais mais antigas registradas no CSF foram estabilizadas como resultado das orogenias do final do Arqueano (*e.g.*, Orogenia Rio das Velhas; Da Silva *et al.*, 2000). Trabalhos prévios (*e.g.*, Alkmim, 2004) demonstram que a partir da estabilização dessas massas continentais mais antigas (proto-cráton do São Francisco), desenvolveu-se nas suas bordas uma margem passiva registrada pela deposição de sedimentos associados à bacia Minas, melhor estudada na região do Quadrilátero Ferrífero (Alkmim e Martins-Neto, 2012). Posteriormente, a bacia teria sido tectonicamente invertida e suas rochas acrescidas ao proto-cráton do São Francisco durante os estágios finais de desenvolvimento do cinturão Mineiro (Orogenia Minas; Teixeira *et al.*, 2015).

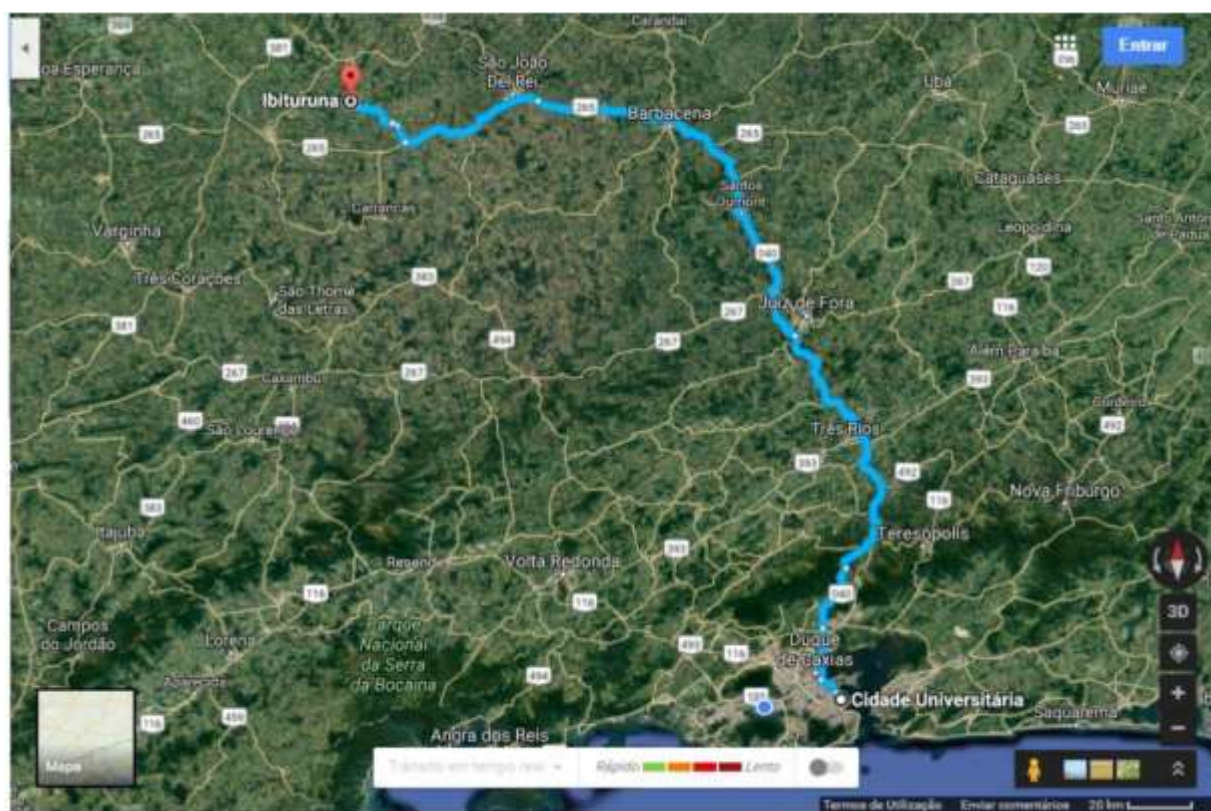
Vários autores (*e.g.*, Quéméneur *et al.*, 2003) propõem que no extremo sul do cráton São Francisco, o limite entre domínios arqueanos (ao noroeste) e paleoproterozoicos (ao sudeste) seriam limitados por uma zona de sutura de direção NE-SW, em parte reconhecida na literatura como Lineamento Ibituruna-Jeceaba-Bom Sucesso (LIJB) ou Serra de Bom Sucesso. Ao longo dessa serra afloram rochas que são interpretadas como análogas (ao menos em parte) às sucessões metassedimentares do Supergrupo Minas (*e.g.*, Campos, 2004; Campos e Carneiro, 2008; Neri, 2012; Neri *et al.*, 2013), intensamente estudada no Quadrilátero Ferrífero (QF) devido às jazidas de ferro de classe mundial. Esse lineamento estende-se desde a extremidade sudoeste do Quadrilátero Ferrífero (Serra da Moeda) passando pelo município de Jeceaba até os arredores das cidades de Bom Sucesso e Ibituruna, sul de Minas Gerais.

### 1.1 - Localização geográfica e vias de acesso

A área de estudo compreende a extremidade SW da Serra de Bom Sucesso, possuindo cerca de 48 km<sup>2</sup> e sendo delimitada pelas coordenadas UTM (Universal Transversa Mercator) 522000-528000m na direção E-W e 7660000-7668000m na direção N-S, fuso 23S e *datum* WGS84. Está localizada no município de Ibituruna, Sul do Estado de Minas Gerais, distante cerca de 393 km da cidade do Rio de Janeiro.

A partir do Rio de Janeiro (Fig. 1) o principal acesso é feito pela rodovia BR-040, sentido Belo Horizonte. Na altura da cidade de Barbacena deve-se acessar a rodovia BR-265 para Oeste, até o município de Nazareno (MG). A partir deste último utiliza-se a rodovia MG-332 no sentido

noroeste até a cidade de Ibituruna e, a partir desta, a área de estudo pode ser acessada por diferentes estradas vicinais não pavimentadas.



**Figura 1.** Mapa de localização da área de estudo a partir da cidade do Rio de Janeiro. (Fonte: Google Earth (satélite da NASA), acesso em 07/03/2017).

## 1.2 - Objetivos

Este trabalho tem como objetivo o mapeamento geológico-estrutural (1:12 500) juntamente a estudos petrográficos visando investigar a evolução tectono-metamórfica das rochas que compõem o LIJB na porção sul da Serra de Bom Sucesso. Além disto, compreender sua relação com os terrenos situados a oeste e a leste e a correlação das unidades encontradas com a estratigrafia do Supergupo Minas no Quadrilátero Ferrífero.

## 1.3 - Metodologia

O presente trabalho foi subdividido em três etapas: (i) pré-campo, (ii) campo e (iii) pós-campo.

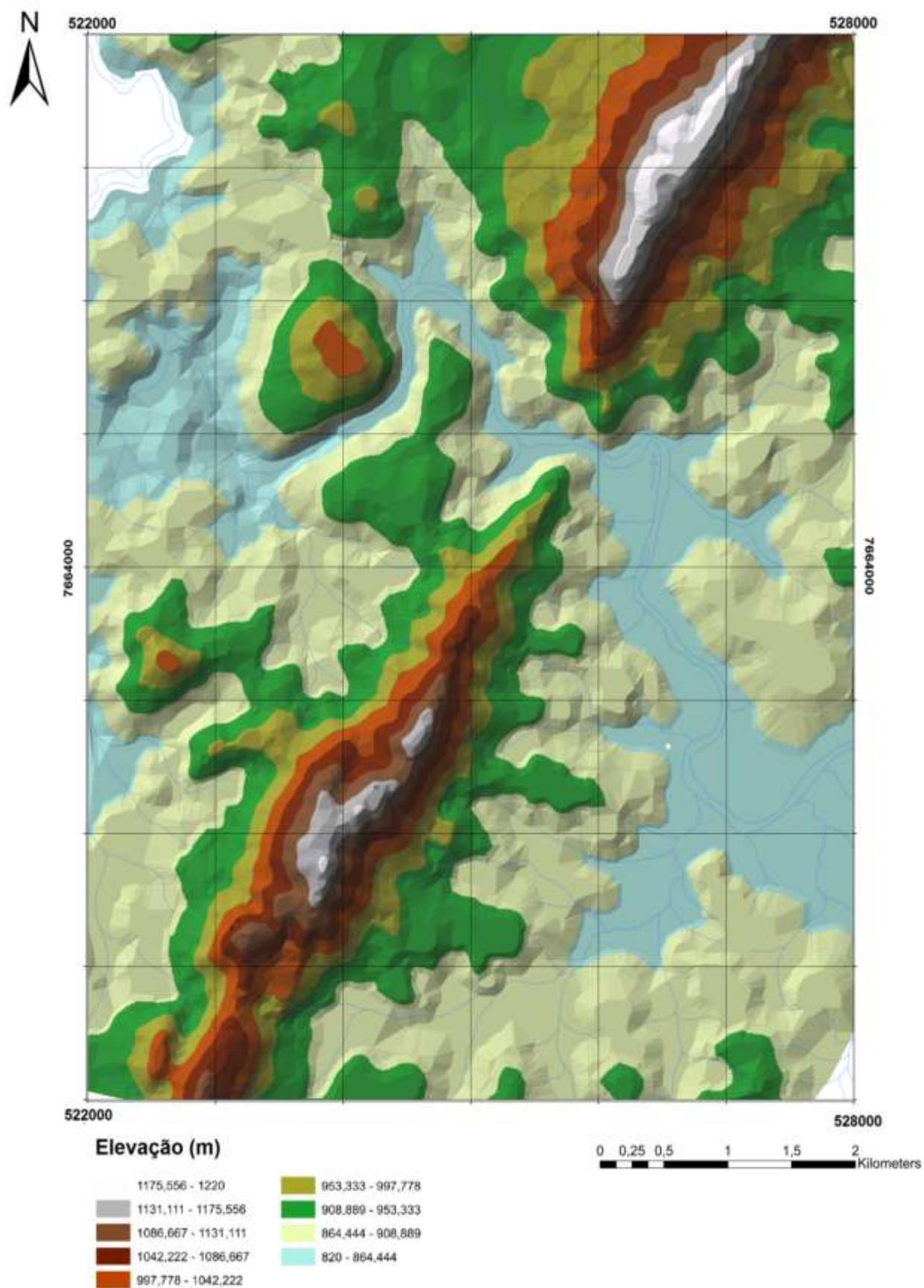
### 1.3.1 - Etapa pré-campo

A etapa pré-campo consistiu em um amplo levantamento bibliográfico (*i.e.*, teses, dissertações, artigos publicados em periódicos) além da obtenção de imagens de satélite de alta resolução da Serra de Bom Sucesso através do *software* Terra Incognita (versão 2.37), que

auxiliaram na delimitação da área de mapeamento. Em seguida foi realizada interpretação destas imagens para reconhecimento preliminar dos principais lineamentos e possíveis estruturas geológicas presentes na área, além da identificação das vias de acesso disponíveis.

Posteriormente, foram confeccionados mapas topográficos na escala 1:12.500 com sistema de coordenadas projetadas UTM (fuso 23S e *datum* WGS84) através do *software* Arcgis (versão 10.2.2), utilizando como base as folhas topográficas editoradas de Lavras e Nazareno na escala de 1:50.000, disponível no *site* ([http://downloads.ibge.gov.br/downloads\\_geociencias.htm](http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm)) do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). As curvas de nível foram geradas com intervalo de 20 metros a partir da imagem SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*) da região, com resolução 1-*arc second* (ID: SRTM1S22W045V3) obtida no *site* (<http://earthexplorer.usgs.gov/>). Com base nas curvas de nível, também foi gerado modelo digital de terreno (MDT) da área. O MDT foi originado da interpolação dos valores de altitude por meio da criação de uma malha triangular convertida digitalmente para o formato *raster*. A partir dele pôde-se verificar um desnível no terreno da ordem de 400 m, aonde as porções mais altas da serra chegam ao máximo a 1300 m, enquanto as porções leste e oeste estão geralmente na cota 900 metros (Fig. 2).





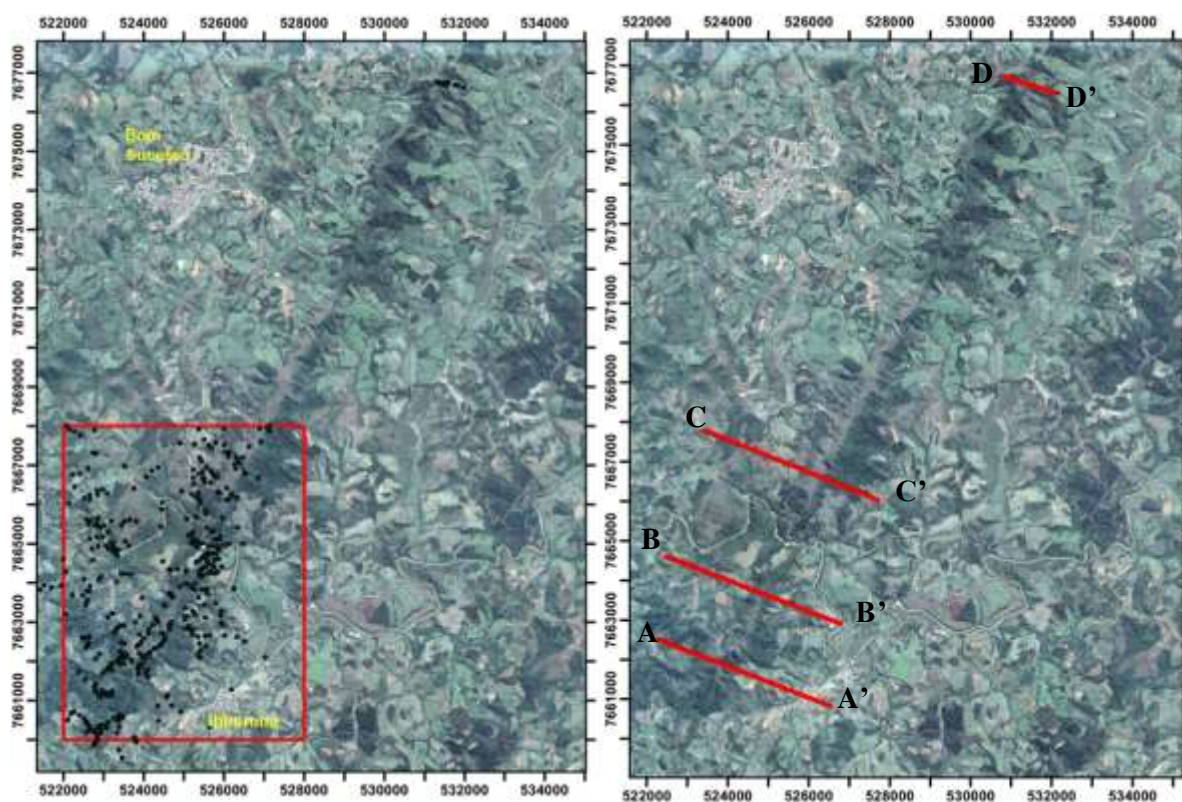
**Figura 2.** Modelo digital de terreno elaborado para a porção sul da Serra de Bom Sucesso. As curvas de níveis são espaçadas em 20 metros.

### 1.3.2 - Etapa de campo

A etapa de campo foi realizada em duas campanhas: a primeira entre os dias 8 e 20 de agosto de 2015 e a segunda entre os dias 26 de agosto e 5 de setembro de 2016. Durante as atividades de campo foi realizado mapeamento geológico-estrutural na escala 1:12.500 contando com descrições detalhadas de afloramentos (289 pontos; BS-XX e NZS-03-XX), coleta de medidas estruturais e amostragem de rochas para laminação (15 amostras) e para análises por difratometria de raios-X (DRX; 2 amostras).

Em cada afloramento procurou-se descrever as litologias em termos de mineralogia, texturas, estruturas tectônicas, grau de alteração da rocha (intempérica e/ou hidrotermal), tipos de contatos, como também amostragem de rochas e minerais e levantamento de medidas estruturais (*dip-dip*), tais como: acamamento sedimentar ( $S_0$ ), clivagem ( $S_1$  e  $S_2$ ), lineação de crenulação ( $L_1$ ) e, quando houvesse, lineação de estiramento ( $L_e$ ).

Ao final do mapeamento geológico foram selecionados quatro locais para a confecção de seções geológicas de detalhe (NW-SE; escala 1:12.500; Fig. 3) ao longo da Serra de Bom Sucesso, sendo três delas nas proximidades de Ibituruna (A-A', B-B' e C-C') e outra a nordeste de Bom Sucesso (D-D'), com o objetivo de verificar a repetição de padrões estruturais para norte da área de estudo.



**Figura 3.** Imagem de satélite (obtida com o *software* Terra Incógnita) mostrando o limite da área estudada (retângulo vermelho), os pontos mapeados (em preto) e as seções geológico-estruturais realizadas em campo (linhas vermelhas).

### 1.3.3 - Etapa pós-campo

A etapa pós-campo consistiu na digitalização do mapa geológico no *software* Arcgis (versão 10.2.2) e versões digitais das seções geológicas através do *software* Corel Draw X8. O mapa geológico digital foi resultado da integração dos 289 pontos obtidos em campo juntamente com 860 pontos (IB-, NAZ- e NZS-XX-XX) mapeados por grupos anteriores (turmas da disciplina estágio de campo 3 de 2014, 2015 e 2016) e, posteriormente impresso na escala 1:25 000. Também foi executado um modelo digital de elevação (MDE) utilizando a ferramenta *Arcscene* do *software* Arcgis para uma melhor visualização 3D da área mapeada com aplicação de um exagero vertical de 2,5 metros (Fig. 7; Capítulo III).

Foram confeccionadas 15 lâminas delgadas (Tabela 1) no Laboratório de Laminação do Museu Nacional (LLMN) para caracterização petrográfica, conduzida nas dependências do DEGEO/IGEO/UFRJ. No Laboratório de Geologia Sedimentar (Lagesed) foram obtidas as fotomicrografias das respectivas lâminas com o auxílio do microscópio *Zeiss Axio Imager A2m* que possui câmera *Zeiss AxioCam* acoplada. E também foi obtida uma foto-scan com o microscópio *Zeiss Axio Imager M2m*.

Além disso, foram realizadas 2 análises (Tabela 2) por difratometria de raios-X (DRX) no Centro de Tecnologia Mineral (CETEM) pelo método do pó para refinamento mineralógico de amostras específicas, que não puderam ser caracterizadas via petrografia. As análises foram executadas pelo equipamento Bruker-AXS D8 Advance ECO, radiação Cu K $\alpha$  (40 kV/25 mA). Os dados foram obtidos no intervalo de 5 a 70° 2 $\theta$  com passo de 0,02° 2 $\theta$ , tempo de contagem de 184 segundos por passo. O detector linear LynxEye XE do aparelho é sensível à posição do tipo *silicon drift* de última geração (com discriminação de energia), e tem geometria  $\theta$ - $\theta$  do goniômetro. As interpretações mineralógicas qualitativas obtidas a partir dos perfis de difratogramas foram efetuadas por comparação com padrões contidos no banco de dados relacional PDF 4+ (ICDD, 2015) em *software* Bruker Diffraction EVA.

As medidas estruturais obtidas em campo foram organizadas em um acervo digital, separadas por geração de estrutura e tipo de rocha, e então plotadas em redes estereográficas em projeções de igual área para o hemisfério inferior com o uso do *software* Stereonet versão 9.5 (Allmendinger, 2016).

**Tabela 1.** Listagem das lâminas delgadas confeccionadas e suas respectivas litologias.

Litologia	N° da amostra	Coordenada X	Coordenada Y
Metagranitoide silicificado	NZS-03-105	523901	7662689
Metagranitoide silicificado	NZS-03-163	523528	7662446
Milonito	NZS-03-212	524645	7663636
Milonito	NZS-04-195	520072	7660439
Muscovita xisto	IB-02-42	525338	7664910
Tremolita-talco xisto	IB-02-90	525232	7665108
Quartzito	IB-02-91	525342	7665042
Milonito	IB-04-5B	522719	7661486
Granada-muscovita xisto	IB-04-46	523121	7660439
Metagranitoide silicificado	IB-04-07	522737	7661328
Quartzo xisto	BS-26	523181	7661190
Quartzo xisto	BS-74	524122	7662714
Quartzito	BS-76	524242	7662824
Anfibolitito	BS-114	525972	7662930
Milonito	BS-138	522516	7662606

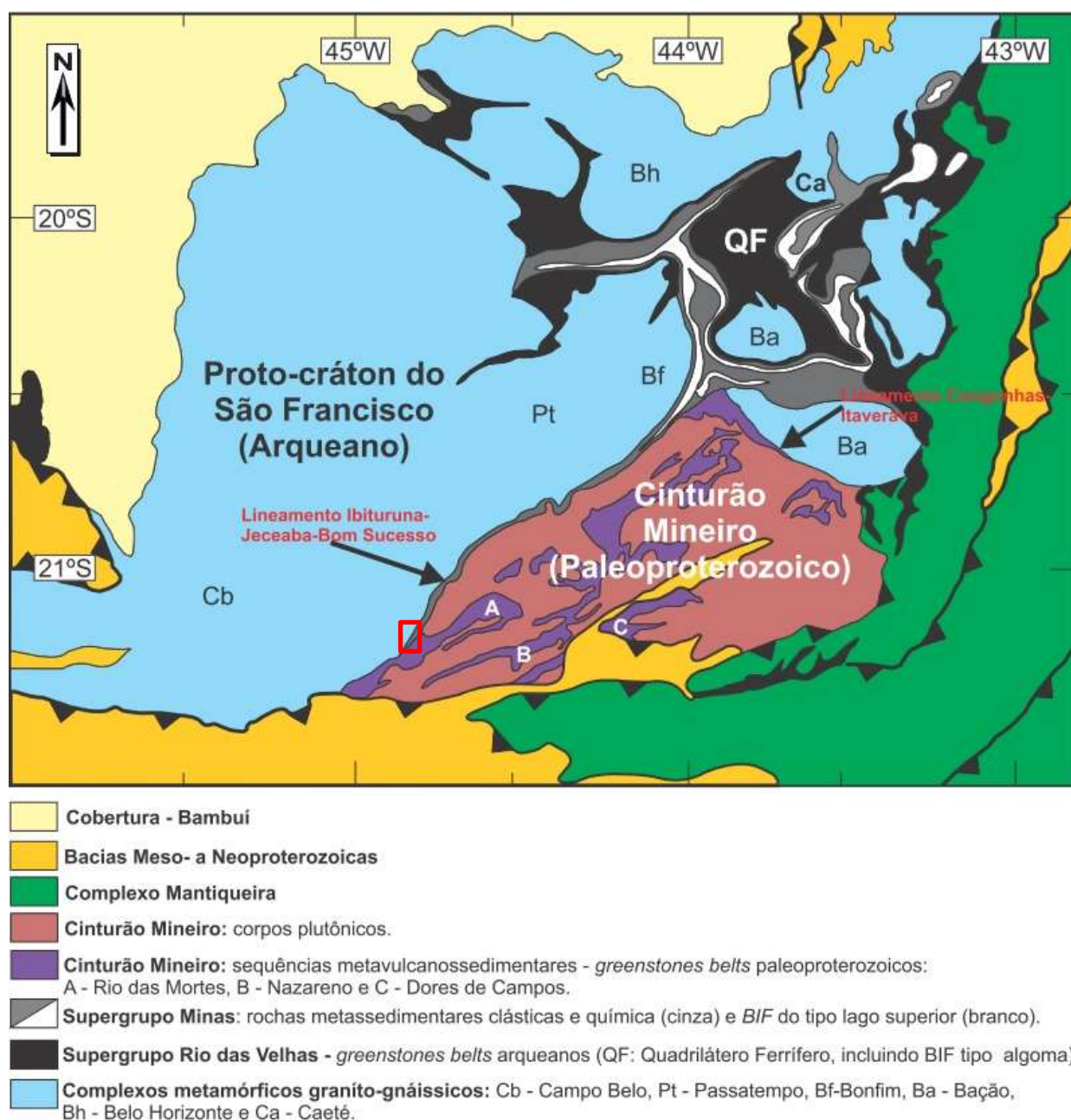
**Tabela 2.** Listagem das amostras analisadas por difratometria de raios-X (DRX).

Litologia	N° da amostra	Coordenada X	Coordenada Y
Sericita-quartzo filito	BS-147	531403	7676732
Anfibolitito (intercalado em <i>BIF</i> )	BS-146	531471	7676705



## CAPÍTULO II - GEOLOGIA REGIONAL

A área de estudo situa-se na borda meridional do Cráton São Francisco (CSF; Almeida 1977; Fig. 4), uma região de evolução geológica complexa, principalmente no que diz respeito a relação entre domínios de rochas do Arqueano e Paleoproterozoico. Na porção sul do CSF, os terrenos predominantemente arqueanos de evolução policíclica (a noroeste) são separados dos terrenos paleoproterozoicos (a sudeste) por uma zona de cisalhamento NE-SW representada pelo Lineamento Ibituruna-Jeceaba-Bom Sucesso (Campos e Carneiro, 2008).



**Figura 4.** Localização da área de estudo (retângulo vermelho) ao longo da serra de Bom Sucesso no extremo meridional do cráton São Francisco. Segundo a literatura, a área de estudo inclui terrenos tectonicamente estáveis em relação aos cinturões móveis do Panafricano - Brasiliano, porém com influência termal e deformacional durante o Paleoproterozoico (extraído de Ávila *et al.*, 2014).

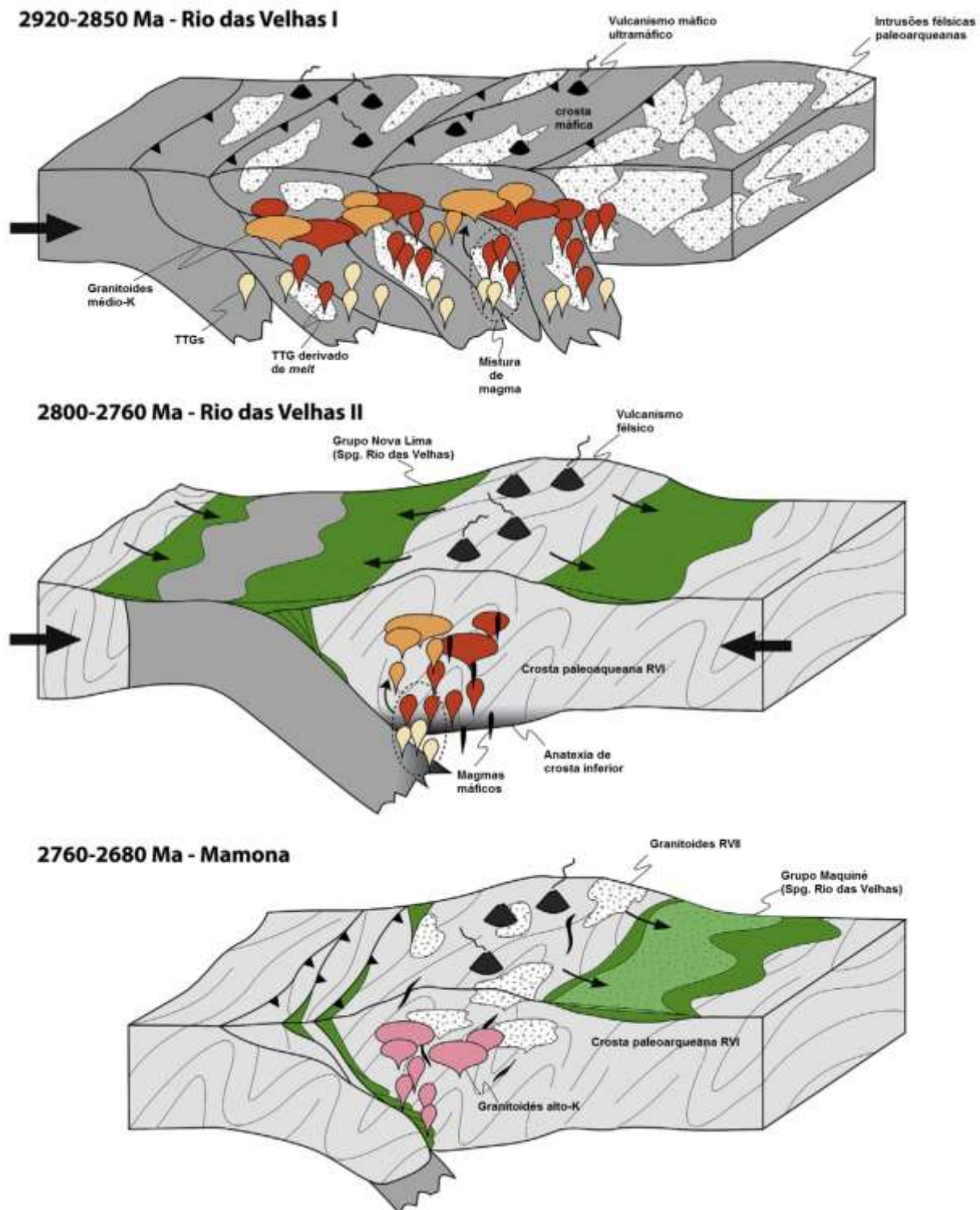
## 2.1 - Domínio Arqueano

Os registros mais antigos da borda meridional do CSF estão expostos como estruturas do tipo domos que atingem centenas de quilômetros (Lana *et al.*, 2013; Albert *et al.*, 2016). Compreendem complexos metamórficos granito-gnáissicos (*i.e.* Santa Bárbara, Campo Belo, Passa Tempo, Bonfim, Belo Horizonte, Bação e Caeté) de composição TTG (tonalito-trondhjemitó-granodiorito), de idade paleo- a neoarqueana (Ávila *et al.*, 2014). Esses complexos encontram-se em parte circundados por sequências metavulcanossedimentares do tipo *greenstone belt* arqueanas (*e.g.* Supergrupo Rio das Velhas; Campos, 2004).

A história evolutiva das rochas arqueanas pode ser dividida, regionalmente, em três eventos tectono-magmáticos: i) evento Santa Bárbara, considerado o pulso magmático mais antigo (*ca.* 3220-3200 Ma) que levou à formação do complexo homônimo evidenciando registro da crosta siálica mais antiga (Lana *et al.*, 2013); ii) evento Rio das Velhas I (RVI; *ca.* 2920-2850 Ma) e; iii) evento Rio das Velhas II (RVII; *ca.* 2800-2760 Ma); Estes dois últimos eventos são caracterizados pela maior parte de produção de rochas plutônicas de médio-K ocorridas na porção sul do CSF, sendo derivadas tanto da fusão de rochas metabásicas quanto do retrabalhamento de TTG's paleo-mesoarqueano (Lana *et al.*, 2013; Farina *et al.*, 2015).

O evento RVI representa etapa distensiva com rifteamento da antiga crosta, seguida de subducção, magmatismo TTG juvenil e, deposição da unidade basal (unidade máfica-ultramáfica; Grupo Nova Lima) e de parte do vulcanismo félsico do Supergrupo Rio das Velhas (Fig. 5A; Lana *et al.*, 2013). O RVII é marcado pelos estágios finais de produção de uma nova crosta TTG, além de retrabalhamento e deformação da crosta siálica pretérita. Inicialmente ocorreu a subducção de uma crosta oceânica sobre um bloco continental, o que gerou a intrusão de plútons graníticos de médio-K durante esse evento (*e.g.*; Trondhjemitó Caeté e Tonalito Samambaia). Esses plútons afetaram as crostas RVI e RVII pretéritas com magmatismo e consequente metamorfismo na fácies anfibolito (Lana *et al.*, 2013; Farina *et al.*, 2015), além de vulcanismo félsico sobre as rochas máficas-ultramáficas do Grupo Nova Lima (Fig. 5B; Farina *et al.*, 2016).

Ao final da orogênese Rio das Velhas, a crosta formada foi intrudida por uma série de granitoides de alto-K que ocorrem cortando todo o conjunto de TTG's e *greenstone belts* previamente formados (Lana *et al.*, 2013). Esse evento magmático marca uma mudança brusca na tectônica do terreno e é reconhecido como Evento Mamona (*ca.* 2760-2680), cujo magmatismo é interpretado como resultante da colisão entre dois blocos continentais (Fig. 5C; Farina *et al.*, 2015). Segundo Romano *et al.* (2013), a colocação desses corpos tardios marca o fim da fusão parcial em larga escala da crosta arqueana apontando para o desenvolvimento de um núcleo cratônico estável e rígido.



**Figura 5.** Esboço simplificado da evolução geodinâmica da crosta arqueana TTG durante os eventos RVI, RVII e Mamona (extraído de Farina *et al.*, 2016). (A) Formação de crosta continental por múltiplas acreções de arcos de ilhas. Crescimento desse segmento em conjunto à adição de magmas TTGs e material dos *greenstone belts*. (B) Durante o evento Rio das Velhas II a subducção de uma crosta oceânica sob bloco continental permitiu a formação de granitoides de médio-K pela mistura entre dois componentes: *melts* derivados da fusão parcial da crosta oceânica máfica e *melts* derivados da reciclagem da antiga crosta continental. Durante esse evento, houve vulcanismo félsico sobre a sequência máfica-ultramáfica do Grupo Nova Lima (C) Colisão de blocos continentais durante o evento Mamona, incluindo diferenciação da crosta pretérita, deformação do Supergrupo Rio das Velhas e intrusão de granitoides potássicos tardios.

## 2.2 - Domínio de transição Arqueano-Paleoproterozoico

Após a estabilização tectônica do substrato arqueano, esta crosta continental fragmenta-se durante a transição Arqueano-Paleoproterozoico, desenvolvendo uma margem passiva plataformar. O registro geológico deste intervalo é referido como bacia Minas (Alkmim, 2004), proveniente da erosão da antiga crosta arqueana (Lana *et al.*, 2013). Posteriormente, esses sedimentos foram deformados e metamorfizados em condições de fácies xisto verde a anfibólito no intervalo de 2100-2000Ma (Machado *et al.*, 1996). Durante esse mesmo intervalo (*i.e.* evento Riaciano-Orosiniano), a bacia Minas muda sua configuração geotectônica, evoluindo para uma bacia do tipo sin-orogênica (Teixeira *et al.*, 2015).

As rochas metassedimentares representantes da fase continental a marinha plataformar da bacia Minas compõem da base para o topo, os grupos Caraça, Itabira e Piracicaba que compreendem a sucessão basal do Supergrupo Minas (Fig. 6).

O Grupo Caraça é predominantemente clástico e subdividido nas formações Moeda e Batatal. A Formação Moeda (mais inferior) é constituída por quartzitos grossos e filitos, que gradam para quartzitos finos intercalados com filitos e níveis metaconglomeráticos (Campos, 2004; Ruchkys *et al.*, 2011). Estudos geocronológicos em grãos de zircão detríticos determinaram valores de  $2580 \pm 7$  Ma para a idade máxima de deposição da Formação Moeda (Hartmann *et al.*, 2006). Já a Formação Batatal (topo) é constituída predominantemente por filitos sericíticos, por vezes carbonosos ou ferruginosos, além de lentes de metachert.

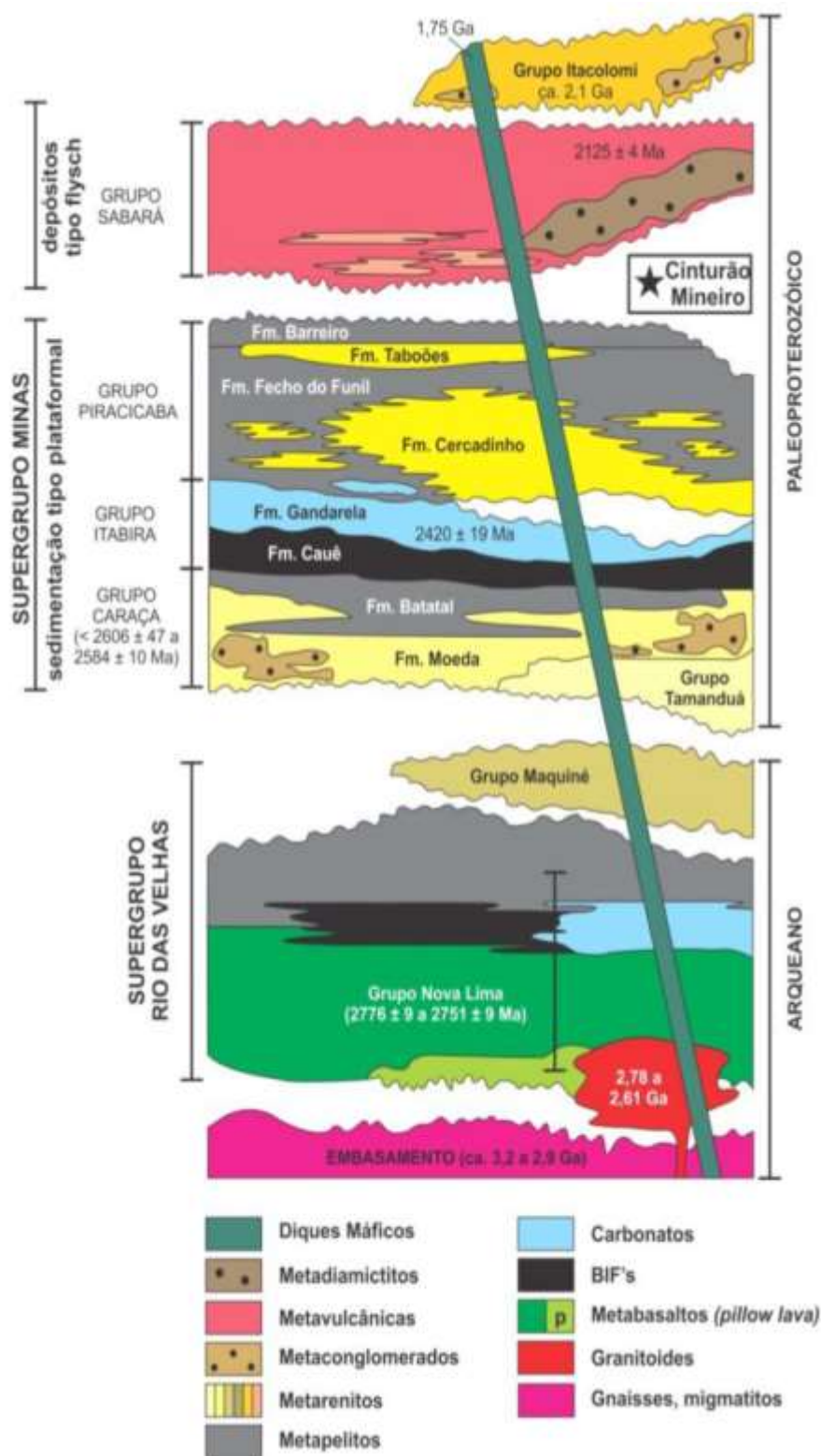
O Grupo Itabira é a unidade intermediária do Supergrupo Minas, constituído por rochas metassedimentares químicas, e subdividida nas formações Cauê e Gandarela. A Formação Cauê (inferior) é caracterizada principalmente por formações ferríferas bandadas (BIFs), interpretadas como do tipo Lago Superior (Farina *et al.*, 2015), além de itabirito dolomítico, dolomito ferruginoso e filito. Já a Formação Gandarela (topo) compreende unidades carbonáticas, como dolomitos, filito dolomítico e dolomito silicoso (Ruchkys *et al.*, 2011) com idade máxima de deposição em  $2420 \pm 19$  Ma (Pb-Pb em carbonatos Babinski *et al.*, 1995).

Sobre as unidades do Grupo Itabira estão depositadas as rochas do Grupo Piracicaba, interpretado como depositado em ambiente plataformar, e sendo constituído por uma sucessão de rochas metassedimentares predominantemente clástica e, subordinadamente, química. Este grupo é dividido, da base para o topo, nas formações Cercadinho, Fecho do Funil, Taboões e Barreiro. A Formação Cercadinho é caracterizada por quartzitos ferruginosos, quartzitos, filitos sericíticos, filitos ferruginosos, metaconglomerados e pequenas lentes de dolomito. A Formação Fecho do Funil é formada por filitos, filitos dolomíticos e lentes de dolomito impuro. A Formação Taboões é constituída por quartzitos de granulometria fina, enquanto que a Formação Barreiros por uma sequência de xistos, filitos e filitos grafitosos de ocorrência restrita (Neri, 2012).



O Grupo Sabará encontra-se em inconformidade com as unidades anteriores e marca a inversão tectônica de sedimentação do tipo margem plataformar para depósitos do tipo *flysch* sin-orogênicos (Farina *et al.*, 2015). No geral, é constituído por clorita-xistos e filitos, metagrauvas, metaconglomerados, quartzitos e raros níveis de formações ferríferas bandadas (Ruchkys *et al.*, 2011). A idade máxima de deposição é de  $2125 \pm 4$  Ma (U-Pb em zircão; Machado *et al.*, 1992), contemporânea com a orogenia Riachano-Orosiniano registrada no Cinturão Mineiro, e por isso há discussões na literatura se este grupo faz ou não parte do Supergrupo Minas (*cf.* Ávila *et al.*, 2014).

O Grupo Itacolomi é composto por metarenitos e metaconglomerados aluviais depositados em discordância sobre todas as demais unidades. Este grupo é relacionado à geração de bacias molássicas extensionais de menor proporção no estágio de colapso do orógeno Riachano-Orosiniano (Alkmim, 2004).



**Figura 6.** Coluna estratigráfica do Supergrupo Rio das Velhas e Supergrupo Minas com a inclusão do intervalo de tempo relacionado ao Cinturão Mineiro. Extraído de Ávila *et al.* 2014, contendo modificação da coluna original de (Alkmim, 2006), com a exclusão do Grupo Sabará do Supergrupo Minas.

### 2.3 - Domínio Paleoproterozoico

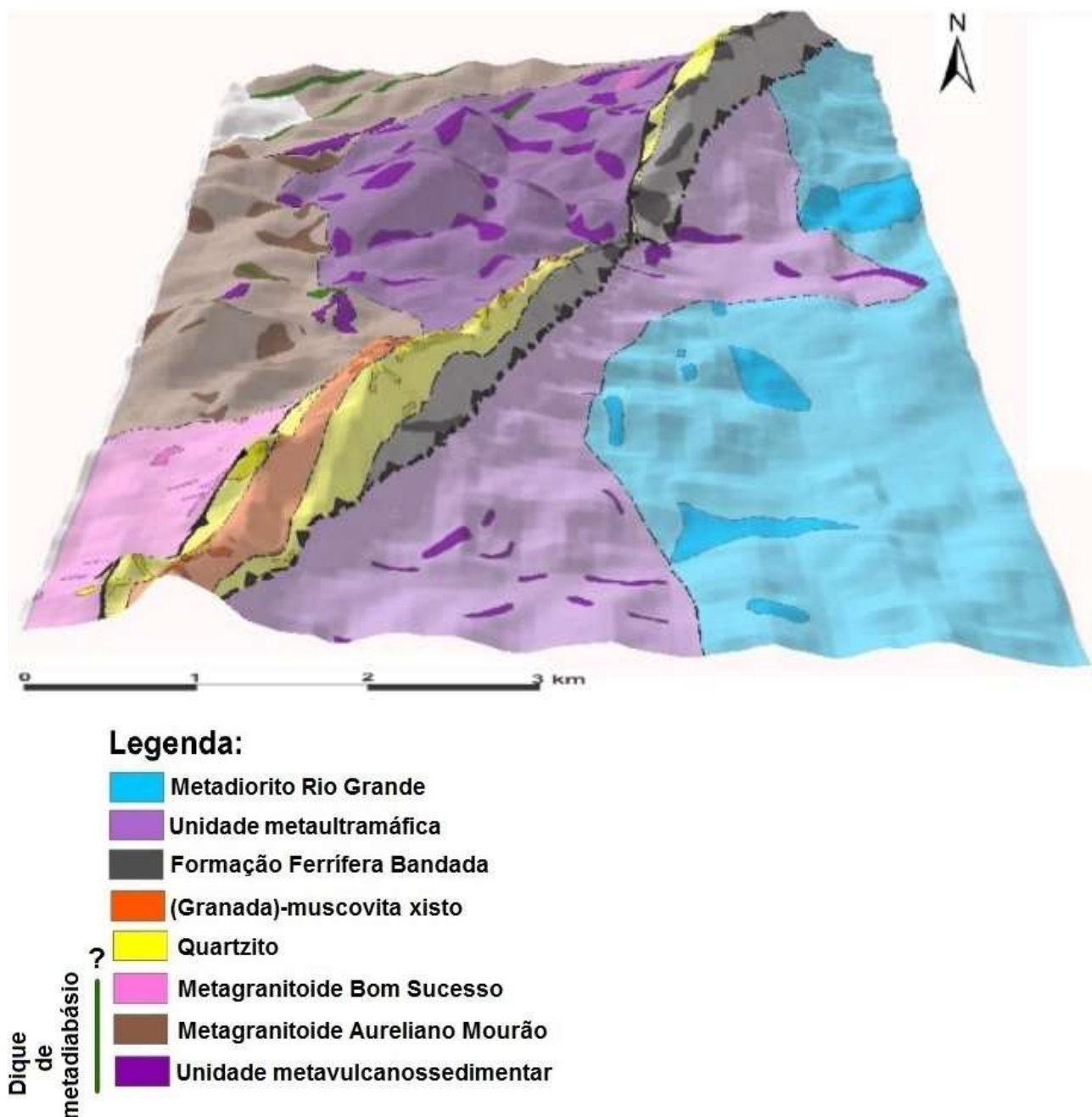
Após a deposição e evolução da bacia Minas, ocorreram eventos de *soft-collision* e acreções de arcos oceânicos e continentais durante o Paleoproterozoico (Ávila *et al.*, 2014). A colagem desses terrenos resultou na formação de grandes estruturas regionais de orientação NE-SW, como a zona de cisalhamento do Lenheiro (Ávila *et al.*, 2010). Assim, a disposição espacial de uma faixa móvel predominantemente paleoproterozoica, denominada de Cinturão Mineiro (CM), teria se delimitado pelas estruturas lineares: Jeceaba-Bom Sucesso e Congonhas-Itaverava (Teixeira *et al.*, 2015; Fig. 4).

O Cinturão Mineiro aflora no domínio Leste do LIJB e, inclui predominantemente um conjunto de rochas ortoderivadas de composições distintas (*ca.* 2,36-2,12 Ga; Teixeira *et al.*, 2015). Essas são representadas por ortognaisses de composições trondjemíticas, tonalíticas, granodioríticas, além de metadioritos, metagabros e metagranitoides, sequências *greenstone* (*e.g.*, Nazareno, Rio das Mortes e Dores de Campos) e metavulcânicas máficas e félsicas (Ávila *et al.*, 2014; Teixeira *et al.*, 2015).

Esse conjunto de rochas foi afetado por dois episódios metamórficos (Ávila *et al.*, 2014): o primeiro episódio de idade 2250-2190 Ma registra metamorfismo em fácies anfibolito de baixo a médio grau, ao passo que o segundo, entre 2131-2100 Ma teria atingido condições de fácies xisto verde a anfibolito baixo.

### CAPÍTULO III – GEOLOGIA DA ÁREA MAPEADA

Este capítulo destina-se a descrição das unidades de mapeamento (Fig. 7 e Anexo I), as quais foram subdivididas em três domínios, e que, portanto, serão apresentadas separadamente como: (i) unidades a oeste da Serra de Bom Sucesso; (ii) sucessão metassedimentar da Serra de Bom Sucesso e (iii) unidades a leste da Serra de Bom Sucesso.



**Figura 7.** Modelo 3D da área mapeada mostrando a Serra de Bom Sucesso e as diferentes unidades encontradas a oeste e leste da mesma.

### 3.1 - UNIDADES A OESTE DA SERRA DE BOM SUCESSO

#### 3.1.1 - Unidade metavulcanossedimentar

A unidade metavulcanossedimentar compreende predominantemente unidades metaultramáficas e localmente muscovita xisto.

A unidade metaultramáfica é caracterizada pela intercalação de corpos lenticulares de clorita-talco- ( $\pm$  magnetita e quartzo), tremolita-talco-xistos e, em menores proporções por anfibolititos. Os afloramentos encontram-se geralmente muito intemperizados, com exposições de saprólitos e blocos *in situ* de coloração avermelhada ou esbranquiçada (quando com talco) em barrancos. Afloramentos rasteiros e cortes de barrancos não intemperizados são raros, mas mesmo nesses casos a foliação principal é bem evidente (Fig. 8A). As melhores exposições estão em cortes ao longo da estrada, da ferrovia ou do Rio das Mortes. Esse conjunto de rochas é cortado localizadamente por corpos pegmatíticos decimétricos a métricos (Fig. 8B).

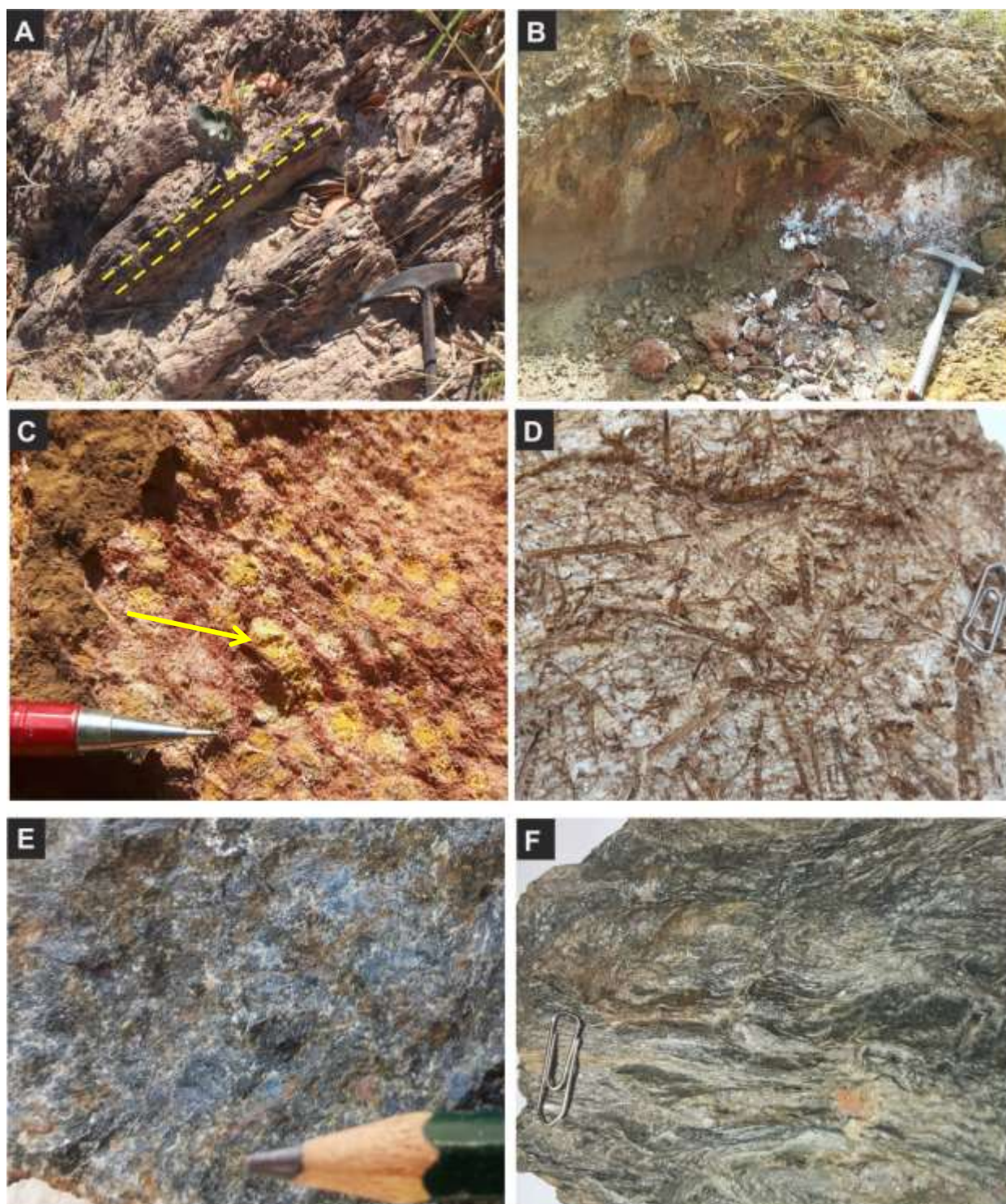
O clorita-talco xisto apresenta granulação fina a média, com cristais de clorita (~26%) e talco (~74%) variando de 1 até 3 mm. Nas proximidades da base da serra, essa litologia contém maior proporção de quartzo, em níveis milimétricos contínuos e paralelos à foliação. Ao norte da serra, próximo à área de estudo (Fig. 3; Seção D-D'), os xistos passam a apresentar grande quantidade de magnetita (0,5 a 2 cm) distribuída em proporções irregulares (Fig. 8C).

Localizadamente foi encontrado tremolita-talco xisto com cristais de talco que constituem 70% da rocha e porfiroblastos de tremolita de até 3 cm de comprimento. Os cristais de tremolita são alongados, ora ocorrem orientados segundo a foliação, ou em outros locais, ocorrem sem orientação preferencial, tardios à foliação principal da rocha (Fig. 8D).

O anfibolitito possui coloração verde escura, é holomelanocrático e com granulação média a grossa (Fig. 8E). Macroscopicamente é caracterizada como uma rocha equigranular composta essencialmente por anfibólio (hornblenda) e plagioclásio. Os cristais de anfibólio (~95%) são subédricos a euédricos, e de cor verde-escura (0,3 a 1 cm), enquanto os de plagioclásio (~5%) são brancos (até 3 mm), subédricos e intersticiais em relação ao anfibólio.

Foi observado localmente nível de muscovita-xisto (Fig. 8F), de cor cinza a esverdeada, intercalado nas rochas metaultramáficas. Esse xisto, além de muscovita, apresenta minerais opacos (7%) quando observado petrograficamente.





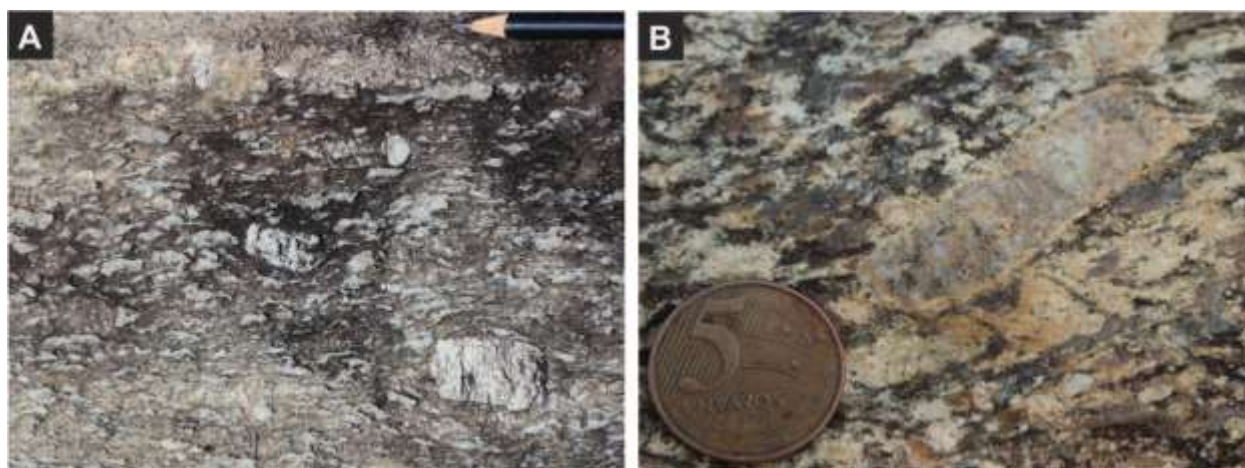
**Figura 8.** (A) Afloramento de clorita-talco-xisto pouco alterado e com foliação principal bem marcada (linhas tracejadas em amarelo). (B) Saprólito avermelhado da unidade metaultramáfica cortado por pegmatito esbranquiçado. (C) Detalhe de concentração de cristais de magnetita intemperizados (seta amarela). (D) Detalhe de rocha metaultramáfica com porfiroblastos de tremolita alongados sem orientação preferencial. Tamanho clips = 1,2 cm. (E) Anfibolitito de granulação grossa com predomínio de cristais de anfibólio (preto) em relação ao plagioclásio (branco). (F) Detalhe para o muscovita xisto de coloração esverdeada. Tamanho clips = 1,2 cm.

### 3.1.2 - Metagranitoide Aureliano Mourão

A unidade designada como metagranitoide Aureliano Mourão (Silva, 2017), na área de estudo, é uma rocha de granulação média, leucocrática, com índice de cor de 22%. Esse corpo rochoso é comumente encontrado em extensos lajedos nas cristas de morros, que variam de 2m a até quase 1km, além de blocos *in situ*. Trata-se de uma rocha com textura porfirítica com fenocristais (20%) de feldspato branco a rosado que variam de 0,5 a 6,5 cm. Os fenocristais de feldspato são orientados segundo a foliação principal da rocha, apresentam em geral hábito tabular com faces euédricas, que pode passar a amendoada ou estirada em zonas de maior deformação (Figs. 9A). Localizadamente podem ser observados fenocristais de feldspato com textura *rapakivi* (Fig. 9B).

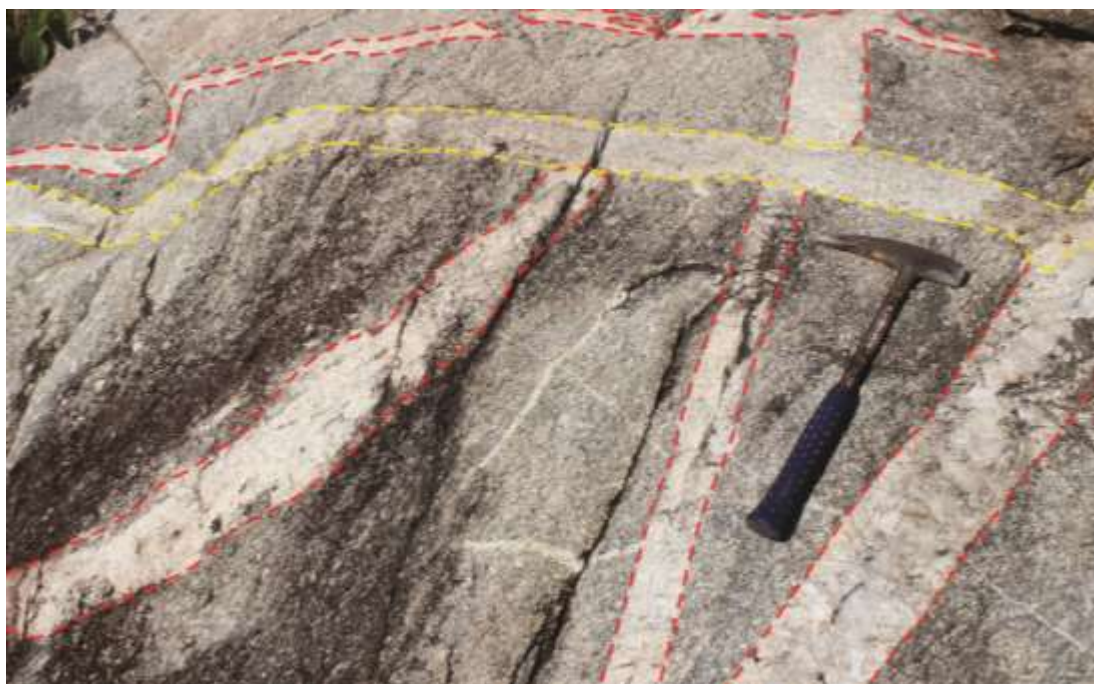
A matriz da rocha é constituída por feldspatos (~43%; incluindo microclínio + plagioclásio), quartzo (~36%) e biotita (~ 21%). Os cristais de quartzo são subédricos a anédricos, incolores, com brilho vítreo, e apresentam estiramento mineral que marca a foliação principal da rocha. A biotita ocorre como agregados máficos, nas bordas de fenocristais e/ou inclusos nos mesmos.

Em termos gerais, a rocha possui foliação muito bem desenvolvida com *trend* NE-SW. Também foram identificados veios de quartzo em padrões tipo *stockwork* e diques e aplitos de metagranitoide de granulação fina cortando essa unidade. Além de uma geração de pegmatitos de granulação grossa e composição quartzo-feldspática (Fig. 10).



**Figura 9.** (A) Fenocristais de feldspato com hábito tabular e com alinhamento dos grãos de quartzo “fitados” segundo a foliação principal no metagranitoide Aureliano Mourão. (B) Textura *rapakivi* observada localizadamente no metagranitoide Aureliano Mourão. Tamanho moeda = 2,2 cm.





**Figura 10.** Lajedo do metagranitoide Aureliano Mourão cortado por pegmatito (vermelho) e dique de metagranitoide de granulação fina (amarelo).

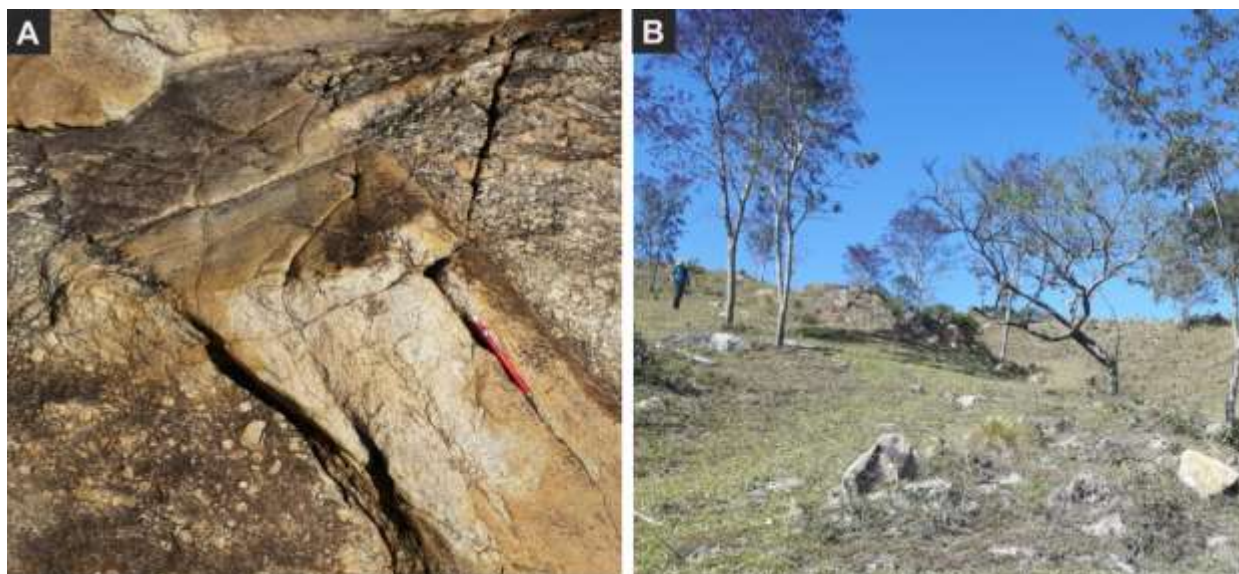
### 3.1.3 - Metagranitoide Bom Sucesso

Na área de estudo, as principais exposições do metagranitoide Bom Sucesso (Silveira, 2017) estão relacionadas às injeções presentes nos lajedos do metagranitoide Aureliano Mourão (Fig. 11A). Em geral, também ocorrem em afloramentos mais extensos como blocos e matacões *in situ* ou rolados (Fig. 11B).

Essa unidade é subdividida nas fácies hololeucocrática e, subordinadamente biotítica. A fácies hololeucocrática (Fig. 12A), apresenta índice de cor de 10%, cor cinza clara, granulação fina a média e textura equigranular. A mineralogia essencial é composta por quartzo (~27%), feldspato (~63%; microclínio + plagioclásio), além de biotita (~10%). A foliação é incipiente, com textura ígnea preservada, tais como faces cristalinas bem definidas. Os cristais de plagioclásio são euédricos a subédricos variando de 0,3 a 2 mm, e por vezes são alterados para epidoto. Os cristais de quartzo variam de subédricos a anédricos, apresentam-se estirados ou com textura granoblástica poligonal. A biotita ocorre tanto dispersa na matriz quanto circundando cristais de feldspato.

A fácies biotítica (Figura 12B) apresenta granulação média e textura equigranular. A mineralogia essencial é constituída por quartzo (~30%), feldspato (~44%; microclínio + plagioclásio), sendo que a quantidade de biotita aumenta bastante (~26%). Os cristais de quartzo são incolores, euédricos a anédricos, apresentam hábito granular e têm até 2 mm. O feldspato é branco, subédrico ou com forma amendoada de até 5 mm. A biotita ocorre em agregados marcando levemente a foliação da rocha.





**Figura 11.** (A) Afloramento apresentando o Metagranitoide Bom Sucesso (centro) cortando o Metagranitoide Aureliano Mourão. (B) Aspecto de afloramento de blocos *in situ* do Metagranitoide Bom Sucesso.

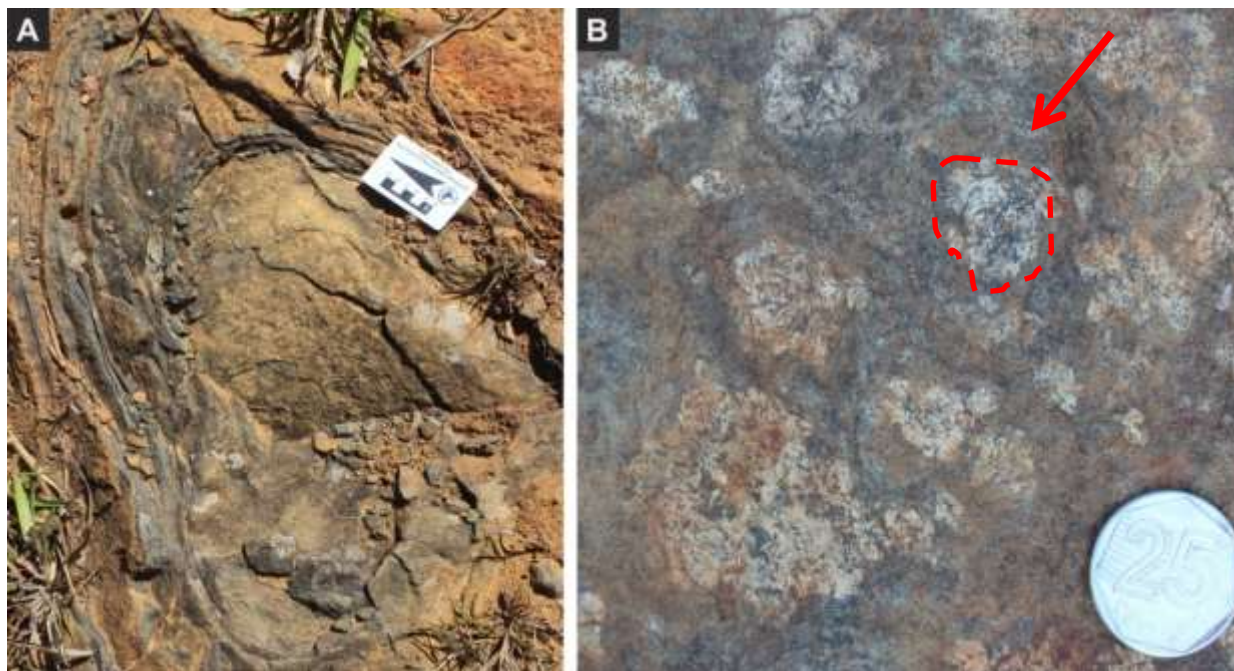


**Figura 12.** Aspecto macroscópico da (A) fácies hololeucocrática e (B) fácies biotítica do Metagranitoide Bom Sucesso. Notar a foliação incipiente marcada pela orientação preferencial de agregados de biotita.

### 3.1.4 - Diques de metadiabásio

Essa unidade aflora como blocos e matacões (10 a 80 cm) *in situ* em áreas descampadas dos morros. Esses diques cortam todas as unidades ao oeste da Serra, e seus *strikes* de direção NW-SE (raramente E-W) são inferidos pelo alinhamento de blocos e matacões. Trata-se de uma rocha mesocrática com cor esverdeada a preta, granulação média a grossa e textura equigranular. A mineralogia deste litotipo é representada basicamente por anfibólio (~64%) e plagioclásio (~30%), com escasso quartzo (~6%). Quando alterado intempericamente apresenta esfoliação esferoidal e o solo encontra-se alaranjado a avermelhado (Fig. 13A). Pontualmente, a rocha

apresenta textura porfírica, com fenocristais de plagioclásio de 0,5 a 5 cm imersos em uma matriz fina a média, composta principalmente por anfibólio e plagioclásio (Fig. 13B).



**Figura 13.** (A) Detalhe de esfoliação esferoidal em bloco de metadiabásio. (B) Detalhe de bordas irregulares de fenocristais de até 5 cm (seta vermelha) em metadiabásio porfírico.

### 3.2 - SUCESSÃO METASSEDIMENTAR DA SERRA DE BOM SUCESSO

#### 3.2.1 - Quartzito

Essa unidade é composta predominantemente por quartzito com intercalações subordinadas de quartzito xisto. O quartzito aflora em toda a face noroeste da serra, sustentando sua escarpa principal e na extremidade sul da área, há ocorrências na face sudeste também. Ocorre em afloramentos rasteiros, pequenos lajedos, matacões, blocos *in situ* nas colinas e escarpas da serra (Fig. 14). Em alguns afloramentos foi identificada diferença composicional e/ou granulométrica no quartzito em níveis mais quartzosos e ricos em grânulos e outros ricos em mica, interpretados como possível resquício de acamamento sedimentar.

No topo da serra há predomínio de quartzito maciço ao passo que em sua base predomina quartzito xisto. O quartzito maciço é uma rocha homogênea, apresenta cor clara, granulometria fina e eventualmente é composto por grânulos de quartzo arredondados dispersos na matriz (Fig. 15A). Microscopicamente apresenta matriz composta predominantemente por muscovita e quartzo, além de cristais de turmalina. Os grânulos (2 a 5 mm) de quartzo são policristalinos com contatos suturados (Fig. 15B).

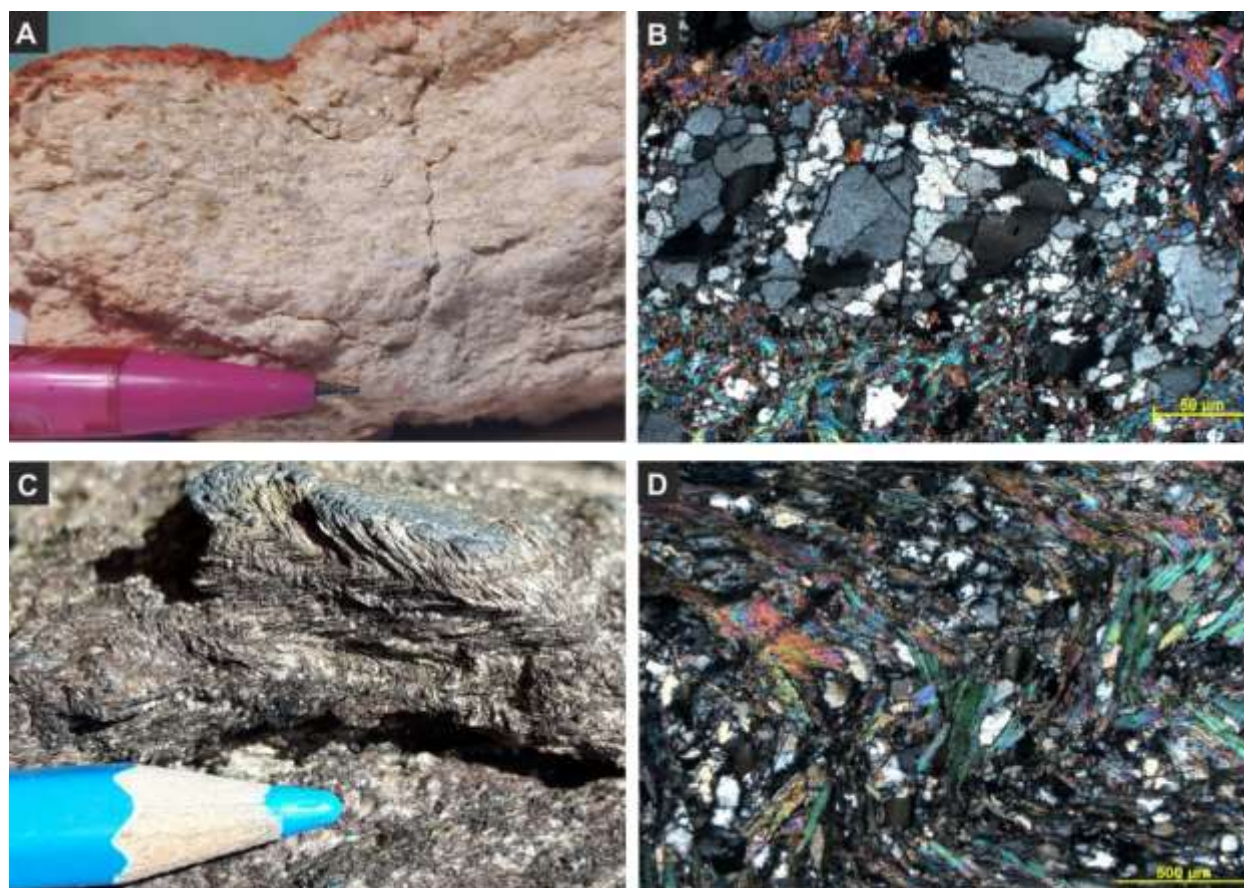
O quartzito xisto apresenta coloração branca esverdeada, granulometria fina e encontra-se por vezes crenulado, tendo a xistosidade principal marcada pelas micas (Fig. 15C). Tanto em amostra de mão quanto pela análise petrográfica é identificado predomínio de micas



(essencialmente muscovita) em relação ao quartzo (Figura 15D).



**Figura 14.** Afloramento de quartzito maciço com aproximadamente 5 metros de altura no topo da serra.



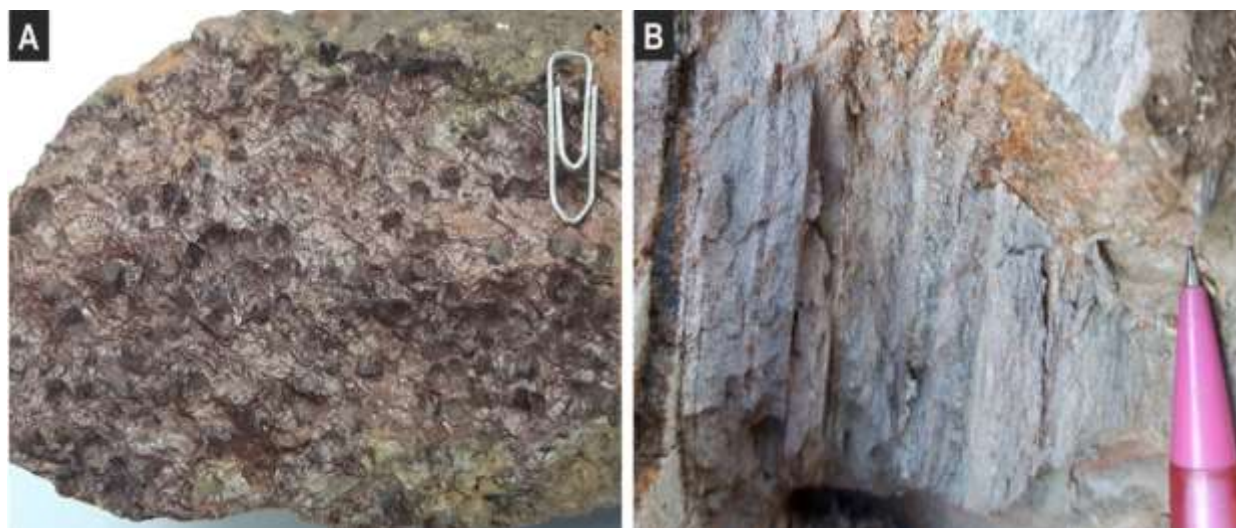
**Figura 15.** Aspecto macroscópico (A) e microscópico (B; nicóis cruzados) de quartzito constituído por grânulos de quartzo (ponto BS-76). Aspecto macroscópico (C; notar crenulação) e microscópico (D; nicóis cruzados) de quartzito-xisto da serra de Bom Sucesso (ponto BS-26).

### 3.2.2 - (Granada)-muscovita xisto

O muscovita xisto predomina na porção sul da serra de Bom Sucesso aflorando estratigraficamente acima da unidade quartzítica e, em direção ao nordeste da serra (fora da principal área mapeada), essa unidade grada lateralmente para sericita-quartzo filito (Fig.3; seção D-D').

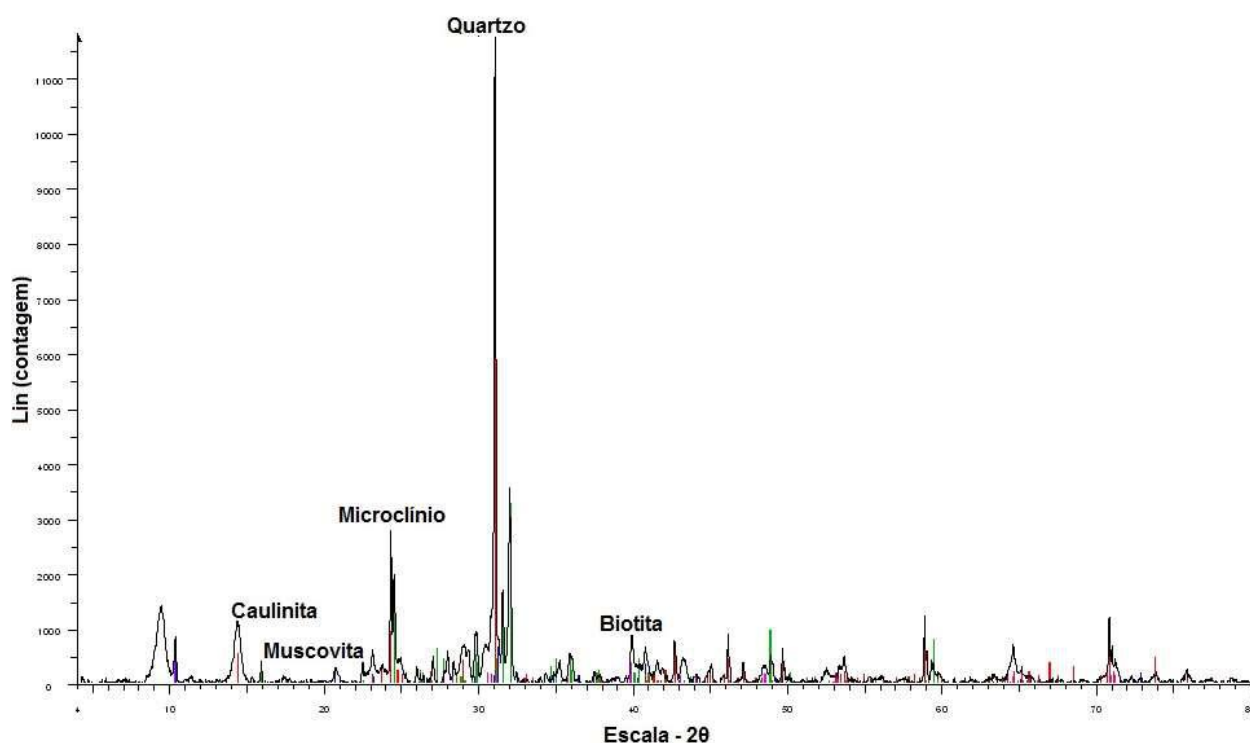
Em termos gerais, trata-se de uma unidade caracterizada por possuir níveis ricos em granada (granada-muscovita xisto) e variáveis proporções de quartzo (granada-muscovita-quartzo xisto). O pacote de xistos é exposto em afloramentos rasteiros frequentemente intemperizados, com solo avermelhado ou em blocos *in situ*/rolados. Notam-se cupinzeiros avermelhados onde ocorre o predomínio desse litotipo. Muitas vezes, nas porções mais intemperizadas ainda é possível ver os *boxworks* de granada no saprólito. Quando a rocha é mais fresca, é possível reconhecer os cristais de granada variando de 0,5 a 2 mm e com forma subédrica a euédrica (Fig. 16A).

O sericita-quartzo filito encontrado na porção nordeste da serra apresenta cor clara a arroxeadada com níveis carbonosos contínuos e paralelos à foliação (Fig. 16B). Essa rocha foi caracterizada com auxílio de difratometria de raios-X devido à granulação muito fina, impossível de ser caracterizada via petrografia. A aplicação do DRX mostrou que a rocha é composta essencialmente por quartzo, caulinita, muscovita, biotita, além de microclínio (Fig. 17).



**Figura 16.** Aspecto de campo da unidade (granada)-muscovita xisto. (A) Granada-muscovita xisto aflorante ao sul da área de estudo e que compõe a principal litologia dessa unidade. Tamanho do clips = 1,2 cm. (B) Ao norte da serra (fora da principal área de mapeamento) o granada-muscovita xisto grada lateralmente para sericita-quartzo filito.



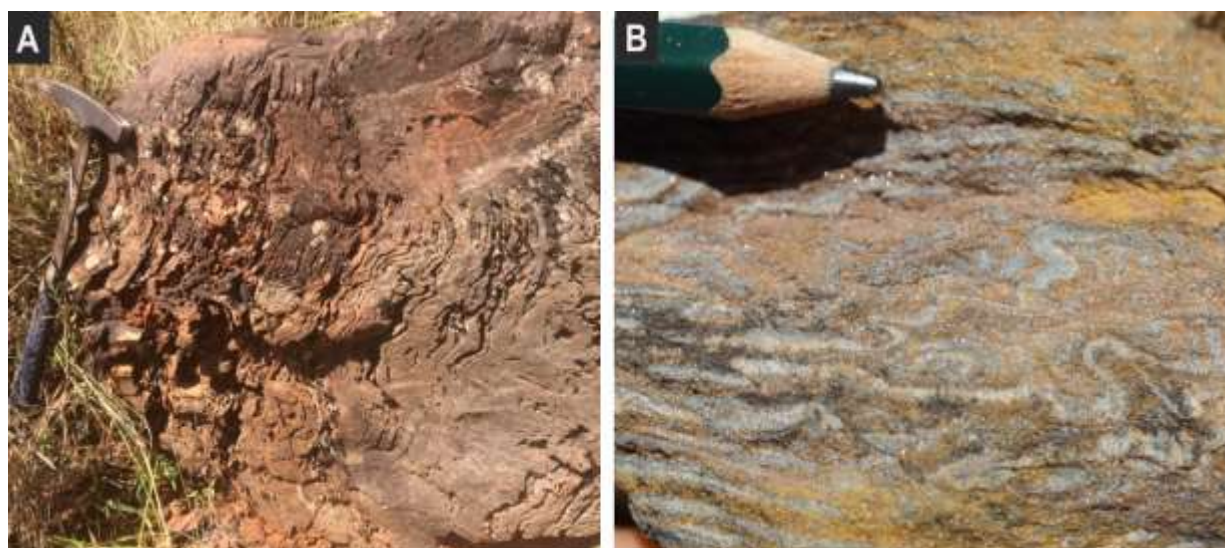


**Figura 17.** Interpretação de difratograma de raios-X (método do pó) obtido em sericita-quartzo filito da unidade (granada)-muscovita xisto.

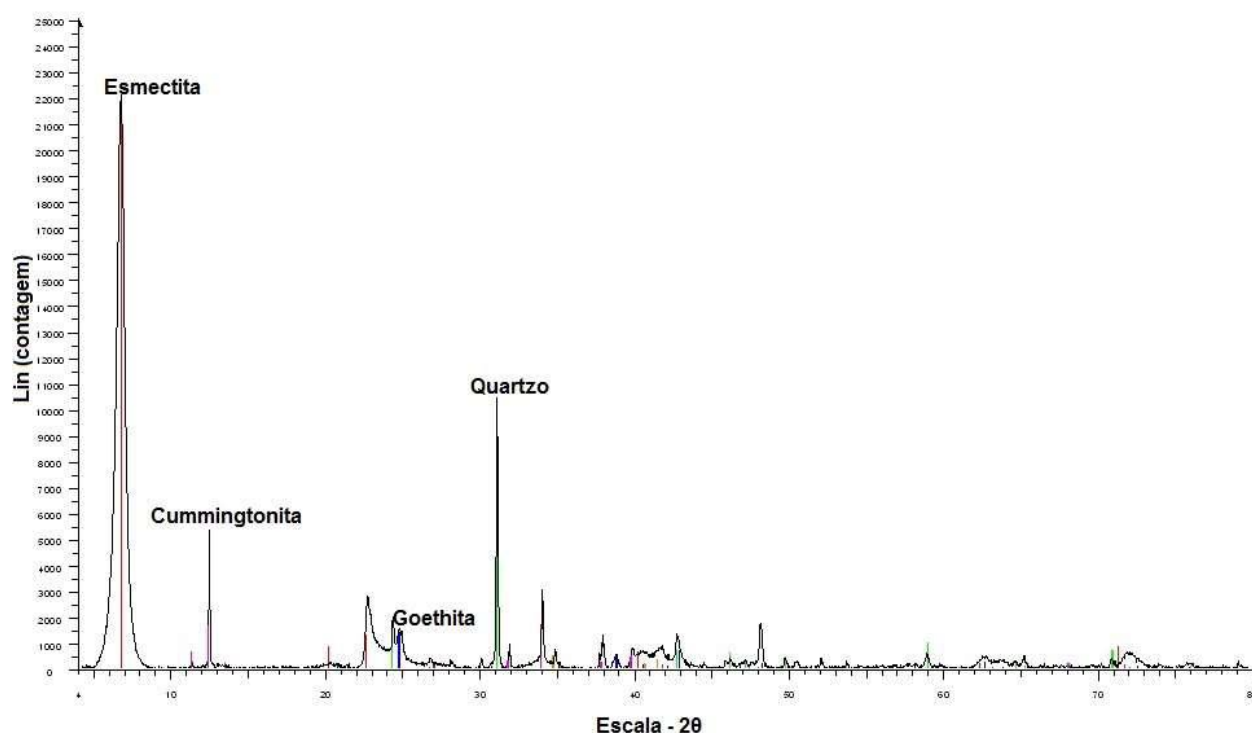
### 3.2.3 - Formação Ferrífera Bandada

Essa unidade caracteriza-se pelo bandamento composicional milimétrico a decimétrico muito expressivo, contínuo e homogêneo que ocorre de maneira regular, muitas vezes deformado em dobras de diferentes escalas (Fig. 18). O bandamento é constituído pela presença de bandas claras compostas por quartzo microcristalino recristalizado (incolor a branco), que ocorrem alternadas com bandas escuras e avermelhadas ricas em magnetita ( $\pm$  hematita). Além da forte atração magnética relacionada aos níveis ferruginosos, por vezes, é perceptível o reconhecimento de pequenos octaedros de magnetita.

A formação ferrífera bandada (*BIF*) é comumente encontrada tanto em blocos e matacões *in situ*, quanto formando relevo de escarpas na face nordeste e em parte sudeste da serra. O litotipo pode ser reconhecido também como saprólitos ou solos avermelhados ricos em goethita. Na porção norte da serra, essa unidade apresenta lentes de anfibolitito de granulação grossa, paralelas ao bandamento geral da rocha. Esse litotipo foi também caracterizado via DRX, revelando que o anfíbólio é cummingtonita e que a rocha apresenta menores proporções de quartzo, além de esmectita e goethita, provavelmente produtos de intemperismo (Fig. 19).



**Figura 18.** Formação ferrífera bandada (*BIF*). **(A)** Forte foliação, regular, com espaçamento centimétrico refletindo o bandamento composicional na *BIF*; **(B)** Detalhe para a intercalação de níveis ricos em quartzo (branco) com níveis ricos em magnetita  $\pm$  hematita (vermelho) compondo bandamento composicional, muitas vezes dobrado.



**Figura 19.** Interpretação de difratograma de raios X (método do pó) obtido em anfibolitito intercalado na formação ferrífera bandada.

### 3.3 - UNIDADES A LESTE DA SERRA DE BOM SUCESSO

#### 3.3.1 - Unidade Metaultramáfica

A unidade metaultramáfica encontrada na parte leste da Serra é muito semelhante à unidade encontrada na parte oeste. Nessa unidade há predomínio do tremolita-talco-xisto com lentes de anfibolitito intercaladas. O xisto ultramáfico apresenta porfiroblastos de tremolita euédrica, prismática com tamanhos variando de 0,5 a 3 cm. Esses porfiroblastos são dispostos

sem orientação principal, tardios em relação à xistosidade principal da rocha, a qual é marcada por talco.

O anfibolitito, no geral é encontrado como blocos e matacões *in situ*, também tendo ocorrência em afloramentos de corte de estrada. Este litotipo é identificado em amostras de mão como uma rocha de coloração escura, de granulação fina, por vezes, sendo percebível uma foliação bem marcada (Fig. 20A). É constituído por hornblenda (~90%) que marca a foliação principal da rocha (Fig. 20B) e plagioclásio (~10%).



**Figura 20.** (A) Aspecto macroscópico do anfibolitito de granulação fina e uma foliação bem desenvolvida. Tamanho moeda = 2 cm. (B) Detalhe em fotomicrografia mostrando cristais de hornblenda de cor verde escura, marcando a foliação principal da rocha (nicóis descruzados; ponto BS-114).

### 3.3.2 - Metadiorito Rio Grande

Na área de estudo foi identificado apenas um metadiorito que ocorre em blocos *in situ*, matacões e afloramentos mais amplos. Trata-se de uma rocha com textura equigranular, granulação média e coloração cinza esverdeada, com mineralogia essencial composta por plagioclásio (~72%), quartzo (~6%), hornblenda (~20%) e rara biotita (~2%). Os cristais de plagioclásio variam de euédrico a anédrico, tem forma tabular e tamanhos de 1 a 3 cm. Macroscopicamente, a cor branca do feldspato e a presença de cristais de epidoto como mineral secundário indicou se tratar de plagioclásio. O quartzo é incolor, subédrico a anédrico e com hábito granular. Os cristais de hornblenda são tabulares, prismáticos e variam de 0,2 a 0,6 cm. A biotita tem hábito lamelar, é subédrica e marca sutilmente a foliação da rocha. Foram identificados vênulas (mm a cm) de epidoto cortando a rocha.

## CAPÍTULO IV – GEOLOGIA ESTRUTURAL E MICROTTECTÔNICA

A geologia estrutural da área ao invés de ser apresentada em ordem estratigráfica, como vista no capítulo anterior, foi subdividida dando ênfase primeiramente para o domínio mais importante na seguinte ordem: (i) Estruturas nas rochas da Serra de Bom Sucesso; (ii) estruturas no domínio oeste e (iii) estruturas do domínio leste.

### 4.1 - Estruturas nas rochas da Serra de Bom Sucesso

O acamamento sedimentar reliquiar ( $S_0$ ) das rochas metassedimentares da serra de Bom Sucesso foi interpretado em campo a partir de estruturas observadas em dois litotipos da sucessão: (i) nos quartzitos pela variação na proporção de níveis ricos em grânulos e níveis micáceos e (ii) nas formações ferríferas bandadas, pela intercalação de níveis quartzosos (quartzo microcristalino recristalizado) com níveis ricos em óxidos de Fe.

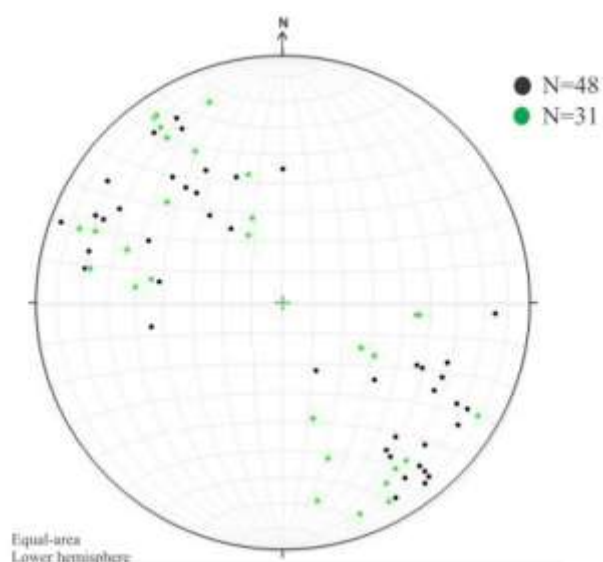
As rochas que afloram ao longo da serra apresentam ainda duas foliações tectônicas aqui designadas  $S_n$  e  $S_{n+1}$ , e que representam duas fases de deformação  $D_n$  e  $D_{n+1}$ , respectivamente.

A foliação  $S_n$ , mais antiga (Fig. 21), tem *trend* NE-SW e mergulho de médio a alto ângulo ( $30-80^\circ$ ) tanto para SE (varia de ESE a SSE), ou subordinadamente para NW (varia de WNW a NNW). Localmente, percebe-se que esta é paralela ou subparalela ao acamamento sedimentar reliquiar ( $S_0/S_n$ ).

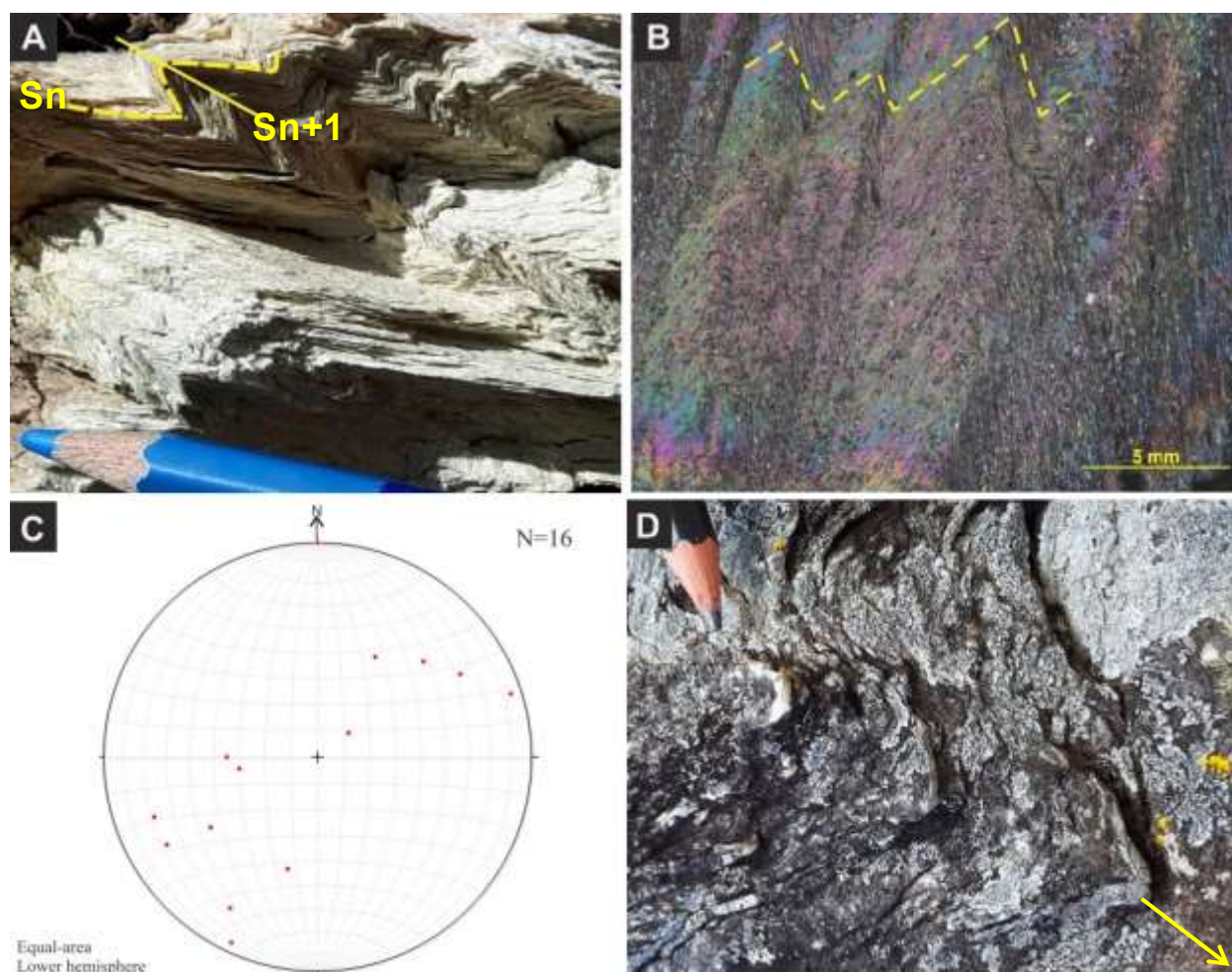
Foi possível reconhecer, em afloramentos de quartzito e quartzo-xisto, que a configuração de  $S_n$  mergulhando para SE ou NW é resultado do dobramento relacionado a uma segunda fase de deformação  $D_{n+1}$ , onde a foliação  $S_n$  se encontra parcialmente dobrada (transposta) em  $S_{n+1}$ .

As dobras associadas à  $D_{n+1}$  ocorrem desde escala milimétrica a quilométrica. São assimétricas e fechadas até isoclinais nos quartzitos e, apertadas com charneiras em *chevron* nos quartzo xistos (Figs. 22A e B). Seus eixos têm baixo a alto caimento ( $20-75^\circ$ ), ora para ENE ou WSW (Figs. 22C e D). Os planos de foliação formados no evento  $D_{n+1}$  são marcados por uma foliação  $S_{n+1}$ , evidenciada por clivagem espaçada no quartzito e clivagem de crenulação no granada-muscovita xisto (Fig. 23). Em termos gerais, verificou-se que a clivagem  $S_{n+1}$  possui mergulho moderado a íngreme ( $40-80^\circ$ ) para SE ou NW (Fig. 21). Em resumo, a partir dos dados de campo e das estruturas medidas, a disposição espacial da serra como um todo foi interpretada como uma dobra regional com dobras parasíticas associadas, em escala mapeável (Capítulo V). Neste contexto, a principal estrutura medida na serra representa a foliação  $S_n$  dobrada em dobras apertadas a isoclinais cujos planos axiais são representados por  $S_{n+1}$ , compondo assim uma configuração  $S_0/S_n$  e localizadamente paralelo  $S_{n+1}$  (Figs. 24A e B).

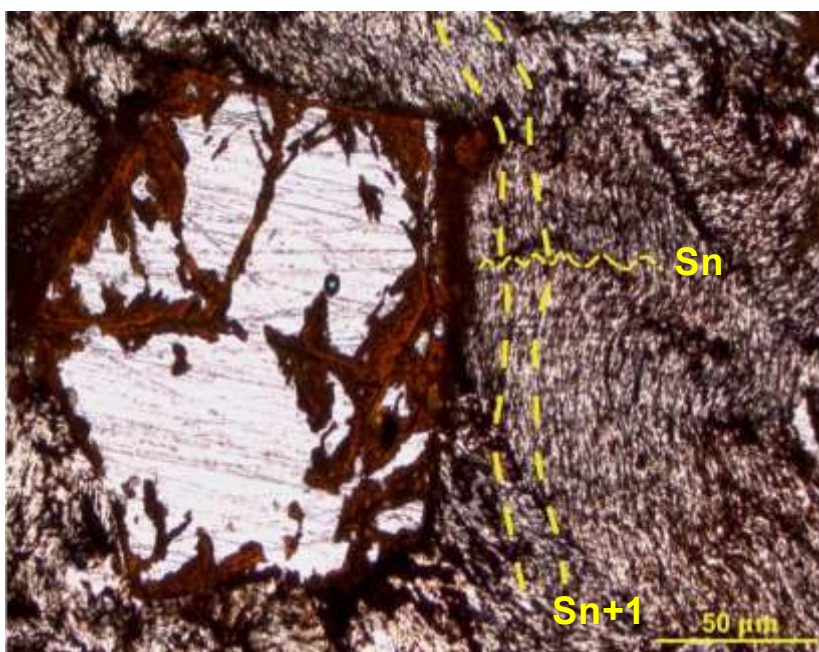




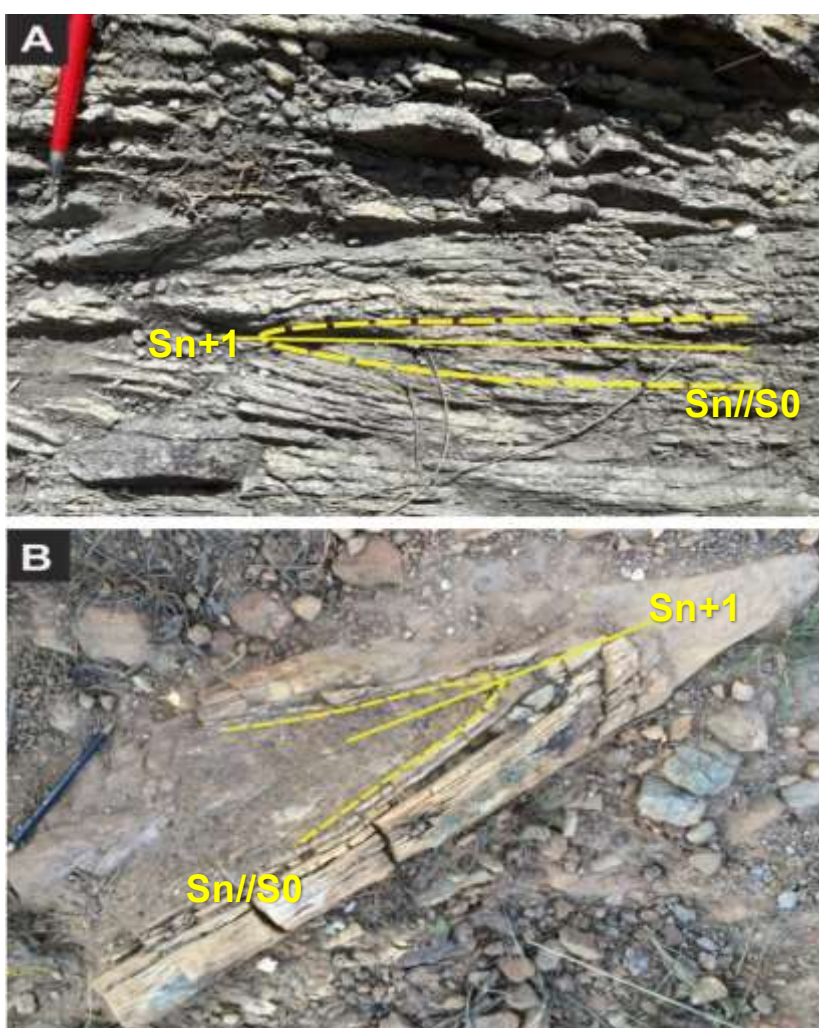
**Figura 21.** Representação estereográfica (igual área, hemisfério inferior) de pólos da foliação principal  $S_n//S_{n+1}$  medida nas rochas da serra de Bom Sucesso, e em verde, pólos de planos de clivagem plano axial ( $S_{n+1}$ ) de dobras apertadas.



**Figura 22.** (A) Quartzito da unidade quartzítica apresentando foliação  $S_n$  dobrada em dobras com plano axial  $S_{n+1}$  e charneiras em *chevron*. (B) Detalhe em foto-scan mostrando o padrão de dobras em *chevron* do evento  $D_{n+1}$  no quartzito (nicóis cruzados; lâmina BS-26). (C) Representação estereográfica (igual área, hemisfério inferior) de eixo de dobra do evento  $D_{n+1}$  tanto para NE quanto para SW. (D) Detalhe para exposição de quartzito mostrando dobras com caimento suave (seta amarela).



**Figura 23.** Granada-muscovita xisto da sucessão metassedimentar da serra com foliação  $S_n$  crenulada em clivagem de crenulação  $S_{n+1}$  (nicóis descruzados; amostra IB-04-46).



**Figura 24.** (A) e (B) Afloramentos de quartzito da serra de Bom Sucesso com a foliação  $S_n$  deformada em dobras apertadas e isoclinais com plano axial  $S_n/S_{n+1}$ .

## 4.2 - Estruturas no domínio oeste

As unidades que afloram ao longo deste domínio apresentam ainda duas foliações tectônicas,  $S_n$  e  $S_{n+1}$ , que representam as fases de deformação  $D_n$  e  $D_{n+1}$ , respectivamente.

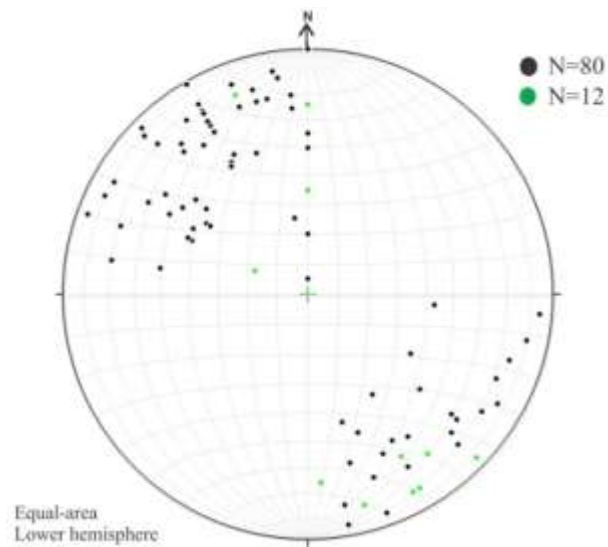
A foliação  $S_n$ , estrutura tectônica mais antiga (Fig. 25), tem *trend* principal NE-SW e mergulho de médio a alto ângulo (30-85°) tanto para SE (varia de ESE a SSE), quanto para NW (varia de WNW a NNW). A  $S_n$  é uma foliação contínua marcada por talco, tremolita e clorita nos xistos ultramáficos, clivagem ardosiana em muscovita xistos e xistosidade espaçada nos metagranitoides. A foliação  $S_n$  se encontra parcialmente dobrada e quase totalmente transposta por uma foliação  $S_{n+1}$  representante de uma segunda fase de deformação  $D_{n+1}$ , na qual se evidenciam dobras abertas (milimétricas a centimétricas) com uma foliação plano axial  $S_{n+1}$  (Fig. 26). Os eixos destas dobras têm caimento suave (<50°) para SW ou NE (Fig. 27). A presença dessas dobras do evento  $D_{n+1}$ , embora tenham sido reconhecidas apenas localmente na unidade metavulcanossedimentar e no metagranitoide, indica que a foliação principal vista neste domínio (oeste) se trata de uma foliação  $S_{n+1}$ .

A foliação principal,  $S_{n+1}$  é uma clivagem ardosiana nas rochas de granulação mais fina (anfibolititos), uma xistosidade anastomosada nas rochas de granulação média (clorita-talco-xistos, tremolita-talco xistos ou muscovita xistos). É observável microscopicamente como uma clivagem de crenulação transposta nos muscovita xistos e tremolita-talco xistos (Fig. 28). Em resumo, constatou-se que a foliação  $S_{n+1}$  possui mergulho médio a alto ângulo (40-85°) para SSE, subordinadamente para NNW (Fig. 25).

Além disso, nas regiões adjacentes deste domínio, ao longo das zonas proximais da serra foi observado o desenvolvimento de milonitização e silicificação do metagranitoide Aureliano Mourão. O milonito é caracterizado pela presença de porfiroclastos de K-feldspato de forma achatada, alongados e estirados na matriz. (Figs. 29A e B). Também é perceptível nessa rocha aumento na proporção matricial, granulação mais fina na rocha, e foliação bem desenvolvida marcada por biotita (Fig. 29C). A foliação principal no milonito é uma foliação espaçada, descontínua contendo domínios da clivagem marcados por biotita e muscovita e domínios do *micróliton* compostos por quartzo e feldspato (Fig. 29D). Nas zonas de intensa silicificação, o metagranitoide tem cor clara, matriz micácea esverdeada, granulação média a fina com cristais quartzosos arredondados a angulosos, por vezes euédricos que variam de 0,5 a 4 cm (Figs. 30A e C). Microscopicamente apresenta matriz composta essencialmente por muscovita e quartzo, além de turmalina. Os porfiroclastos emersos na matriz são de variáveis tamanhos, principalmente de quartzo policristalino e subordinadamente de K-feldspato (microclínio; Fig. 30D). Nas porções do metagranitoide silicificado, a foliação mais antiga é defletida ao redor dos porfiroclastos, e é



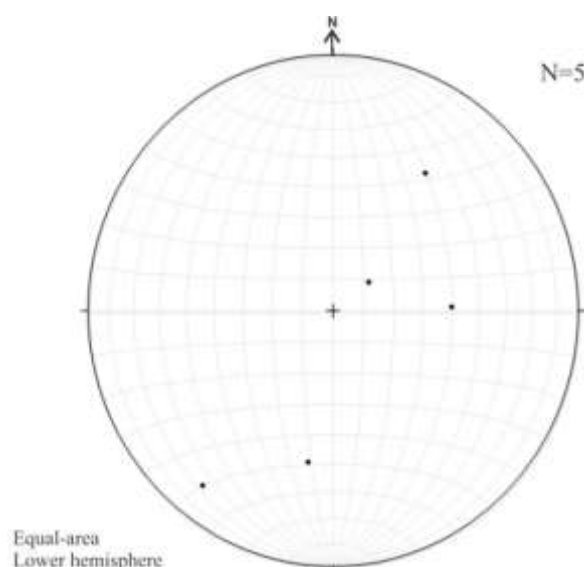
reconhecida como uma foliação  $S_n$  dobrada em dobras do evento  $D_{n+1}$  com uma clivagem plano axial  $S_{n+1}$  (Fig. 30).



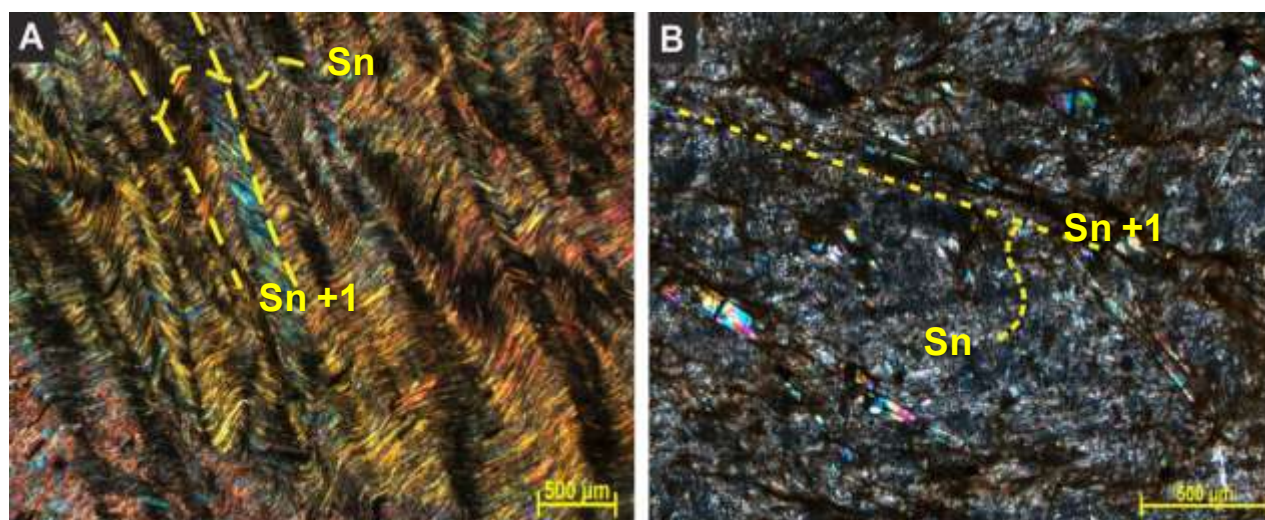
**Figura 25.** Representação estereográfica (igual área, hemisfério inferior) de pólos da foliação principal  $S_n//S_{n+1}$  medida nas rochas do domínio oeste, e em verde, pólos de planos de clivagem plano axial ( $S_{n+1}$ ).



**Figura 26.** Afloramento de xisto metaultramáfico com a foliação  $S_n$  deformada por uma segunda fase de deformação  $D_{n+1}$ , na qual gerou uma foliação dobrada com plano axial  $S_{n+1}$ .

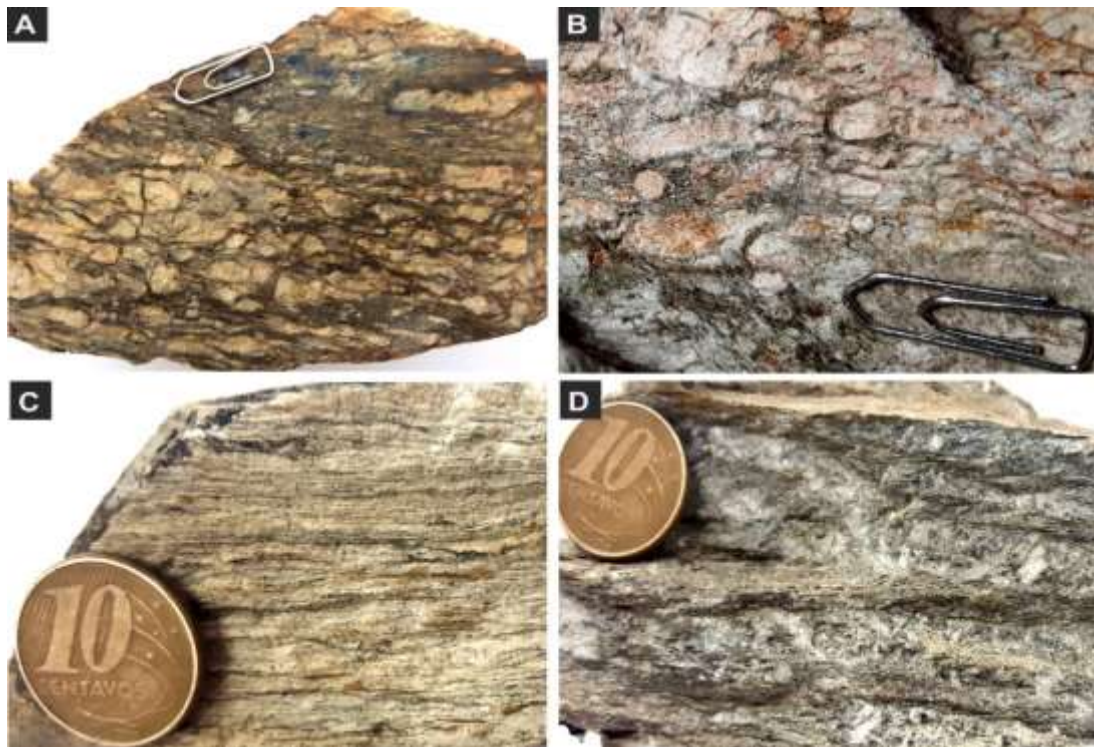


**Figura 27.** Representação estereográfica (igual área, hemisfério inferior) de eixo de dobra do evento  $D_{n+1}$  tanto para NE quanto para SW.

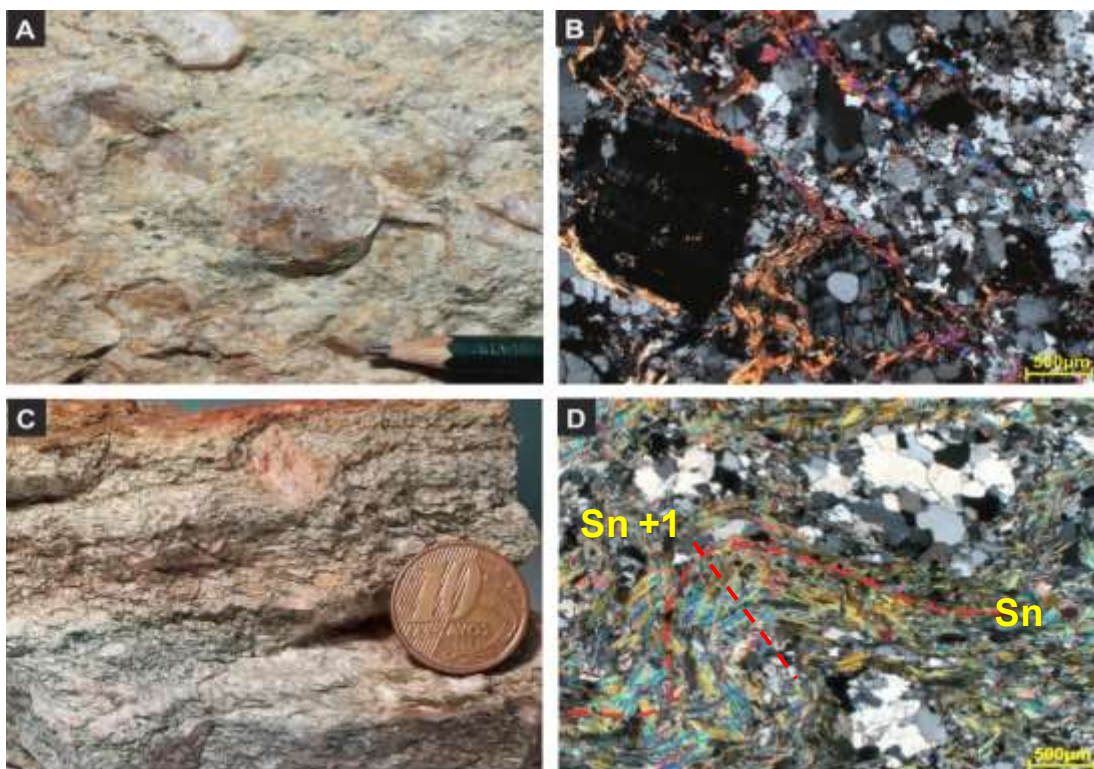


**Figura 28.** (A) Fotomicrografia do muscovita-xisto mostrando uma clivagem ardósiana  $S_n$  transposta em uma clivagem de crenulação  $S_{n+1}$  (nicóis cruzados; lâmina IB-02-42). (B) Fotomicrografia de talco-tremolita xisto com clivagem plano axial  $S_{n+1}$  de dobras que deformam a foliação antiga  $S_n$  (nicóis cruzados; lâmina IB-02-90; notar porfiroblastos de tremolita tardios e orientados segundo  $S_{n+1}$ ).





**Figura 29.** (A) e (B) Aspecto macroscópico do milonito encontrado nas zonas proximais da base da serra (pontos: NZS-04-195 e NZS-03-211; notar porfiroclastos de K-feldspato estirados e deformados). Tamanho clips = 1,2 cm. (C) Milonito com granulação fina e foliação bem desenvolvida pela orientação da biotita (ponto IB-04-05). Tamanho moeda = 2 cm. (D) Milonito com foliação  $S_{n+1}$  espaçada contendo domínio da clivagem pela biotita e domínio do *micróliton* marcado por quartzo e K-feldspato (ponto BS-138). Tamanho moeda = 2 cm.

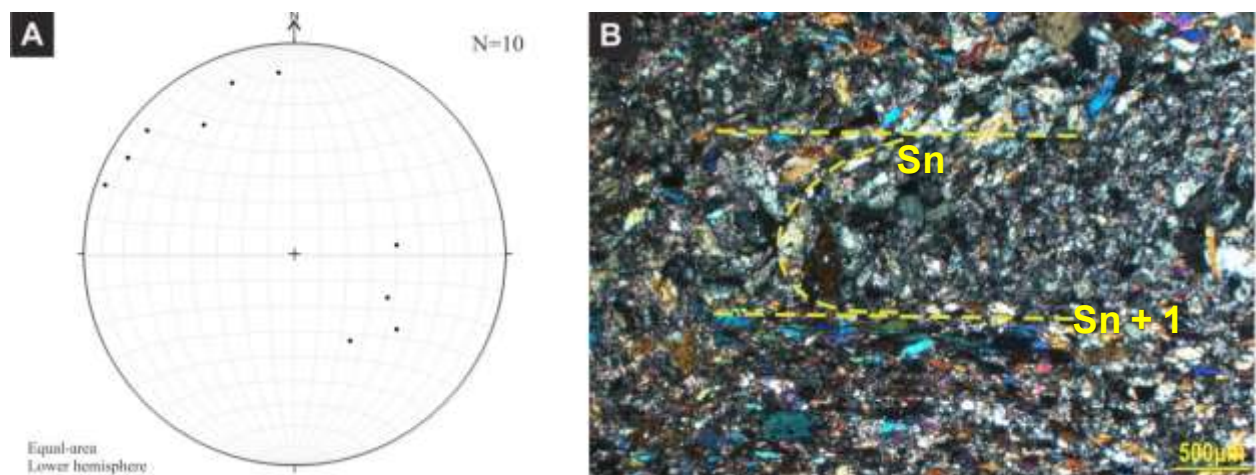


**Figura 30.** (A) Aspecto macroscópico do metagranitoide silicificado nas zonas proximais a base da serra com cristais quartzosos de até 4 cm e microscópico com cristais de microclínio (B; nicóis cruzados; lâmina NZS-03-105). (C) Aspecto macroscópico do metagranitoide silicificado com granulação mais fina, foliação mais evidente e (D) microscópico com uma foliação mais antiga ( $S_n$ ) defletida por cristais quartzosos (nicóis cruzados; lâmina IB-04-07). Essa foliação  $S_n$  foi deformada pelo evento  $D_{n+1}$  gerando dobras com plano axial  $S_{n+1}$ .

### 4.3 - Estruturas no domínio leste

No domínio leste, devido à escassez de afloramentos preservados, o estudo estrutural foi baseado em um pequeno número de pontos, não se obtendo muitas medidas. Ao todo foram encontradas apenas dez medidas de uma foliação principal reconhecida nas unidades metaígneas aflorantes. Esta foliação trata-se de uma clivagem plano axial ( $S_{n+1}$ ) formada por um segundo evento de deformação  $D_{n+1}$ , que deformou a foliação mais antiga ( $S_n$ ). A presença de dobras do evento  $D_{n+1}$  só foi reconhecida em apenas dois afloramentos. E seus eixos tiveram medições com atitudes iguais a 235/28 e 190/40.

A foliação principal  $S_{n+1}$  tem *trend* NE-SW, mergulho moderado a íngreme (40-80°) para ESE subordinadamente para WNW (Fig. 30A). É representada como uma clivagem ardosiada nos anfibolitos marcada pelos cristais de hornblenda (Fig. 30B).



**Figura 31.** (A) Representação estereográfica (igual área, hemisfério inferior) de pólos da foliação principal  $S_{n+1}$  no domínio leste. (B) Anfibolito com clivagem plano axial  $S_{n+1}$  marcada pelos minerais de hornblenda.

## CAPÍTULO V – DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

### 5.1 - Correlações entre as unidades mapeadas e outros domínios arqueanos - paleoproterozoicos no sul do CSF

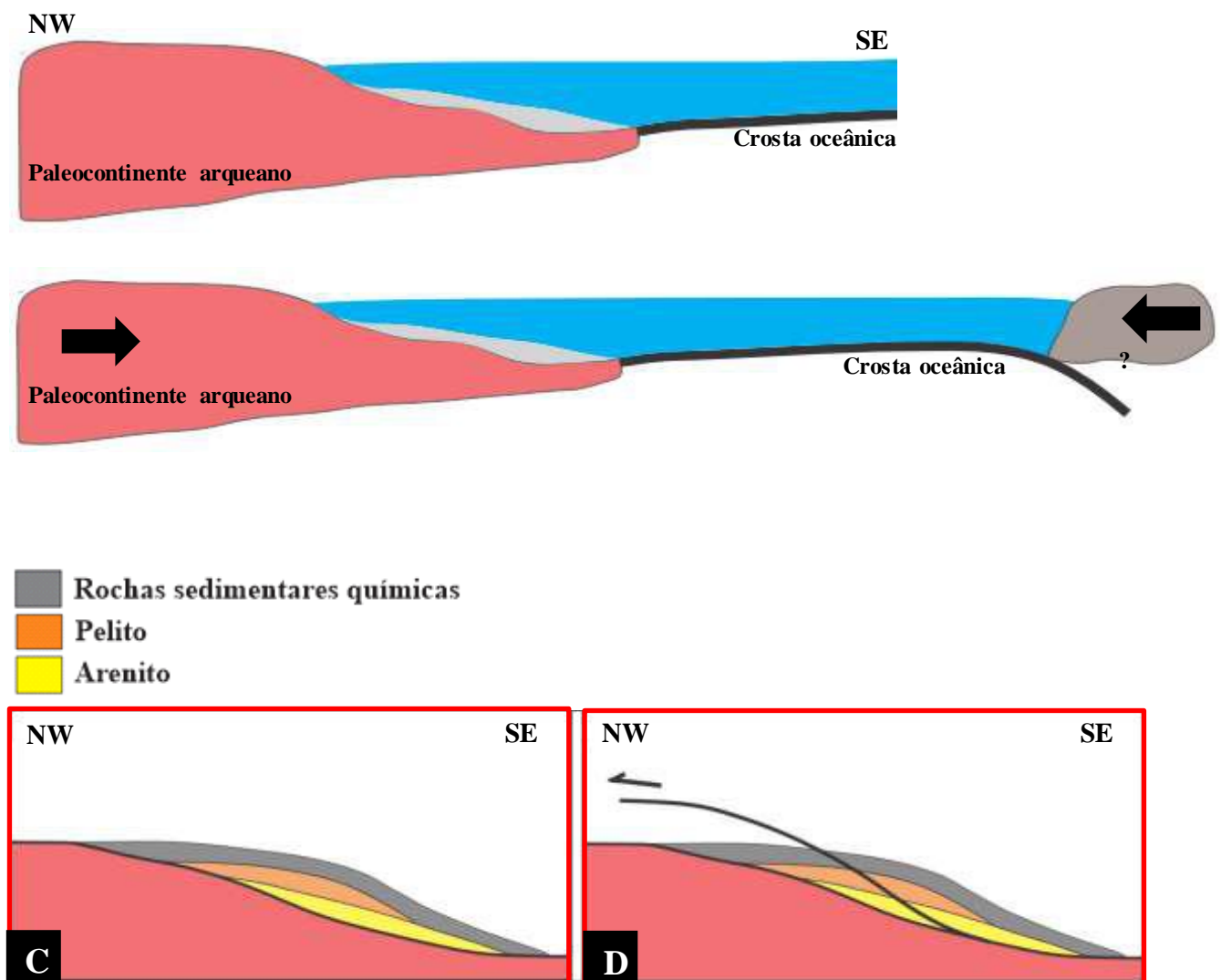
A partir dos trabalhos de campo foram identificadas 9 unidades mapeáveis. Com base nas feições de campo das unidades à oeste da serra pôde-se estabelecer uma possível ordem geocronológica entre as mesmas. A unidade metavulcanossedimentar possivelmente estaria associada a parte da sequência metavulcanossedimentar do *greenstone belt* Rio das Velhas, representando as porções mais antigas do terreno. Através de feições de campo pôde-se concluir que o metagranitoide Bom Sucesso é mais novo que o metagranitoide Aureliano Mourão por se encontrar intrusivo neste último. Além disso, estudos recentes realizados por Moreno *et al.* (2017) demonstram idade *ca.* 2696Ma para o metagranitoide Bom Sucesso. Esses dados ainda apontam para um ortognaisse porfirítico aflorante à oeste do LIJB semelhante ao metagranitoide Aureliano Mourão e, com idade *ca.*  $2748 \pm 5$ Ma. Dessa forma, esses dois corpos apresentam idades equivalentes ao evento Mamona (2760-2680Ma) estando associados aos plútons de alto-K tardios correspondentes a cratonização da proto-crosta arqueana. Os diques de metadiabásio mapeados no domínio ao oeste da serra de Bom Sucesso são de diversas orientações e de idade desconhecida. Entretanto, eles poderiam estar relacionados a eventos distensivos de ruptura da proto-crosta no final do arqueano ou eventos mais recentes como sugerido por Pinese (1997) para diques metamáficos entre as cidades de Lavras e Bom Sucesso. Caso os diques sejam da ruptura da proto-crosta arqueana, eles compõem junto as outras unidades do domínio oeste, o embasamento da sucessão metassedimentar da serra de Bom Sucesso.

Em termos gerais, os sedimentos que deram origem às rochas da serra provavelmente teriam sido depósitos de margem passiva de mar profundo na borda do paleocontinente arqueano (Fig. 32A). Tais sedimentos seriam produtos da erosão do próprio paleocontinente arqueano, inicialmente com deposição de rochas areníticas passando a um maior predomínio de pelíticas, e por fim dando lugar a um ambiente propício à precipitação química de *BIF* (Fig. 32C). A partir do estágio de subducção de uma crosta oceânica para leste, até o consumo total da crosta oceânica e fechamento do oceano, começa a ocorrer eventos compressionais atuando sobre os depósitos dessa margem passiva (Fig. 32B). Esse estágio resulta na compressão aproximadamente NW-SE gerando cavalgamento para NW (Fig. 32D), e colocando a sucessão sedimentar sobre o paleocontinente (Fig. 33A e B). Posteriormente, com o prosseguimento dessa compressão, fechamento do oceano e consumo total da crosta oceânica ocorre a colisão final entre a margem do paleocontinente e os arcos que estavam sendo formados à leste. A partir da interação dessas massas continentais ocorre o dobramento da falha de empurrão e da sucessão de

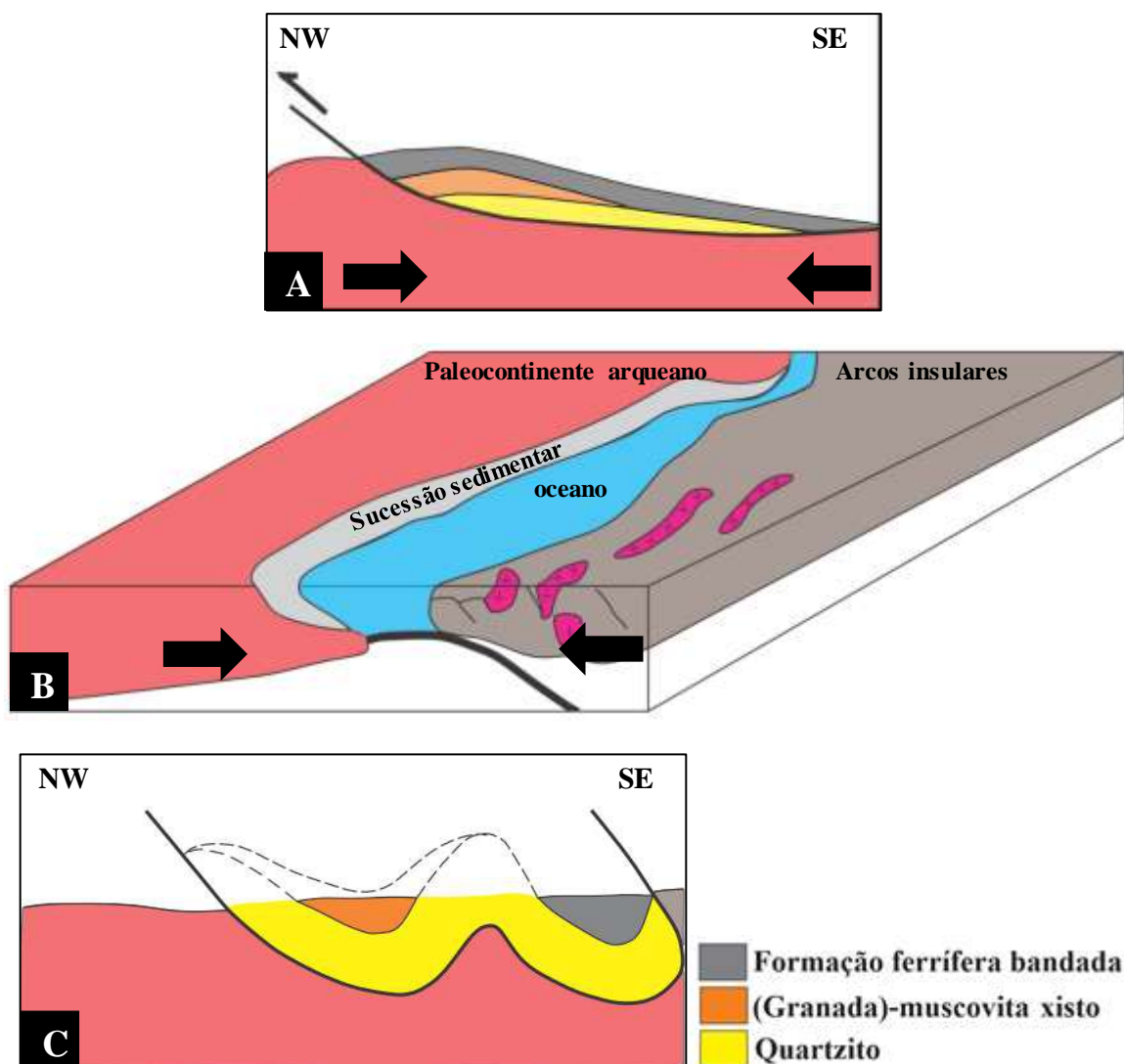


margem passiva, resultando na configuração atual (Fig. 33C). Possivelmente essa colisão ainda resultou na acreção de fragmentos de crosta oceânica nos domínios adjacentes ao leste, representados hoje pelas unidades metaultramáficas.

Com base nas feições de campo, no domínio leste as unidades metaultramáficas foram interpretadas como mais antigas, e provavelmente estariam relacionadas à sequência *greenstone belt* Rio das Mortes. Nessas unidades, o tremolita-talco-xisto apresenta porfiroblastos de tremolita tardios à xistosidade principal da rocha, que possivelmente estaria relacionado ao efeito termal da intrusão do Metadiorito Rio Grande neste domínio. Além disso, estudos recentes apontam que esse corpo varia de composição tonalítica a diorítica e tem idade paleoproterozoica ( $2145 \pm 7\text{Ma}$ ; Barbosa *et al.*, 2015).



**Figura 32.** (A) Representação esquemática da margem passiva formada na borda do paleocontinente arqueano. (B) Representação esquemática do estágio inicial de subducção de uma crosta oceânica e esforços compressoriais atuando sobre os depósitos da margem passiva na borda do paleocontinente arqueano. (C) Representação da sucessão sedimentar depositada na margem passiva profunda na borda do paleocontinente. (D) Cavalgamento da sucessão sedimentar para NW devido aos esforços compressoriais.



**Figura 33.** (A) Representação esquemática da sucessão sedimentar que foi cavalgada e colocada sobre o paleocontinente arqueano (notar que a base dessa sequência é um empurrão). (B) Representação esquemática em diagrama 3D da continuação da subducção da crosta oceânica até o fechamento total do oceano. Com o prosseguimento desses esforços compressoriais ocorre o dobramento da falha de empurrão e da sucessão de margem passiva, resultando na configuração atual da serra de Bom Sucesso (C).

## 5.2 - Geologia Estrutural

O conjunto de dados estruturais preliminares denotam padrões semelhantes e sugerem que possivelmente os três domínios da área de mapeamento (oeste, serra e leste) foram influenciados por um mesmo evento tectônico. Esse evento provavelmente estaria relacionado à orogenia Riacciana-Orosiniana com a colisão final de massas continentais, e a acresção das unidades do domínio leste à margem do paleocontinente arqueano (*cf.*, Ávila *et al.*, 2014). Dessa forma, as fases deformacionais identificadas neste trabalho ( $D_n$  e  $D_{n+1}$ ) correspondem respectivamente a uma primeira fase ( $D_1$ ) e a uma segunda fase ( $D_2$ ), provavelmente progressivas entre si. A  $D_1$  é a fase de deformação que gerou a foliação mais antiga ( $S_1$ ), ao passo

que a  $D_2$  é a fase que deformou a  $S_1$  em dobras com plano axial  $S_2$ . Vale ressaltar que caso o domínio oeste tenha sofrido alguma deformação anterior as observadas neste trabalho, essas não puderam ser identificadas.

A estrutura principal observada nas rochas que compõem a serra foi interpretada como uma dobra sinformal fechada de primeira ordem a partir dos dados obtidos durante o mapeamento geológico juntamente com as medidas estruturais. As próprias medidas plotadas no estereograma (capítulo IV, seção 4.1; Fig. 21) mostram uma foliação dobrada e confirmam a existência de uma dobra com *trend* NE-SW. Sua sucessão metassedimentar, como sugerido por Neri *et al.* (2013), é equivalente com a estratigrafia do Supergrupo Minas e representaria uma extensão da bacia Minas do QF. Visto que estudos realizados por esses autores mostraram idade máxima de deposição de  $2603 \pm 7,3$  Ma para o quartzito da unidade basal da sequência metassedimentar da serra, esta idade assemelha-se à idade de deposição da Formação Moeda, base do Supergrupo Minas. Portanto, a partir desse dado, a unidade quartzítica foi considerada a unidade mais antiga, depositada nas mesmas condições e idade equivalente à formação Moeda, Grupo Caraça. Posteriormente teria sido depositado o material que deu origem a unidade (granada)-muscovita xisto equivalente à formação Batatal (Grupo Caraça). Por fim, a formação ferrífera bandada semelhante aos itabiritos da formação Cauê (Grupo Itabira). Dessa forma, além de sinformal a serra foi interpretada como um sinclinal.

### 5.3 – Evidências de campo sobre a estruturação da serra de Bom Sucesso

Como sugerido na representação esquemática (seção 5.1; Fig. 32C) e pelo mapa geológico (Anexo I) realizado na escala 1:12 500, o contato entre a serra de Bom Sucesso e o terreno ao oeste foi limitado por uma falha, assim sendo um contato tectônico. A principal evidência de ocorrência dessa falha pode ser observável através do mapa pelo truncamento da unidade quartzítica em todas as unidades de mapeamento situadas ao oeste. Esses diversos truncamentos litológicos reconhecidos geraram pontos tríplices. Assim como é observável um afinamento do quartzito e desaparecimento da unidade (granada)-muscovita xisto na direção norte da serra colocando a formação ferrífera bandada em contato direto com o quartzito. A partir dessa relação estratigráfica a unidade (granada)-muscovita xisto foi tida como uma camada descontínua entre as camadas de quartzito e BIF.

Outras evidências que corroboram a existência dessa falha estão relacionadas às mudanças de *strike* das rochas ao oeste nas proximidades da serra, ficando subparalelas ao *strike* da serra. Isso denota que a estruturação que compõe a serra influenciou na reorganização espacial das estruturas do domínio oeste. Há nas zonas proximais à base da serra milonitização que

possivelmente está associada ao evento deformacional compressivo. Os milonitos são de baixo grau e foram caracterizados como proto-milonitos devido a apresentarem 10-20% de recristalização da matriz. Outra feição observada é a intensa silicificação do metagranitoide Aureliano Mourão nas zonas proximais à base da serra, possivelmente relacionada à percolação de fluidos hidrotermais durante ou pós a milonitização dessas rochas. Como resultado são encontrados: (i) veios de quartzo em padrões tipo *stockwork*; (ii) substituição dos cristais de K-feldspato por muscovita e quartzo policristalino.

Ao leste da serra também são reconhecidos em mapa (Anexo I) pontos tríplexes, espessamento da formação ferrífera bandada para o norte e consequente desaparecimento abrupto mais ao sul da serra. Tais feições também evidenciam a possível existência de uma falha limitando o contato entre a sucessão metassedimentar da serra e as rochas metaígneas ao leste, sendo este também tectônico. Contudo, ao contrário do domínio oeste, devido à escassez de afloramentos neste domínio, não foram reconhecidas feições de campo que confirmem totalmente a existência dessa falha, sendo esta aqui inferida.

#### 5.4 - Metamorfismo

A caracterização da fácies metamórfica relacionada aos metagranitoides torna-se difícil devido aos mesmos não apresentarem minerais índices característicos. Contudo, foram identificadas feições de intercrescimento de biotita ao redor dos fenocristais de feldspato (microclínio + plagioclásio) e epidotização no plagioclásio que sugerem condições de baixo grau. No metagranitoide milonitizado ocorre a transformação do K-feldspato para muscovita e no metagranitoide silicificado ocorre a substituição de cristais de feldspato por quartzo policristalino sugerindo um evento metamórfico-hidrotermal como produto da percolação de fluidos nas zonas proximais a serra.

Em termos gerais, a partir dos dados de campo e estudo petrográfico constatou-se como minerais índices de metamorfismo o crescimento de granada relacionada ao desenvolvimento de  $S_1$  no muscovita-xisto da sucessão metassedimentar da serra, visto que a foliação  $S_2$  é defletida por esse mineral. Assim como, a ocorrência de tremolita relacionada ao desenvolvimento de  $S_1$  e  $S_2$  em tremolita-talco xisto da unidade metavulcanossedimentar (oeste). No domínio leste há presença de tremolita orientada segundo a foliação  $S_2$  do tremolita-talco xisto da unidade-metavulcanossedimentar, assim como ocorrência de tremolita tardia a  $S_2$  provavelmente estaria associada às anomalias termais pela intrusão do metadiorito Rio Grande.

Como resultado, os dados sugerem que todo o conjunto (oeste, serra e leste) sofreu condições mínimas de pico metamórfico na fácies xisto verde alto (zona da granada).

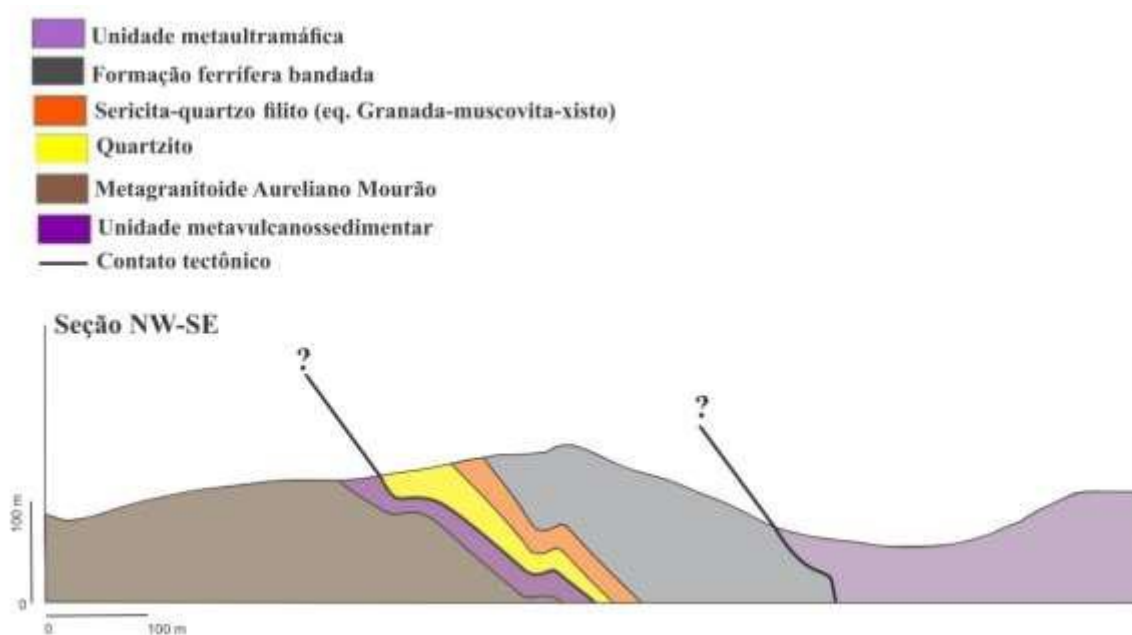
## CAPÍTULO VI - CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Alguns pontos não foram completamente elucidados, para isto é sugerido que sejam realizadas outras campanhas de campo em outros segmentos da serra para obtenção de novos dados, e uma visão ampla e robusta da evolução tectono-metamórfica do LIJB.

1 – A ocorrência local de tremolita sem orientação preferencial, tardios a foliação  $S_2$  no domínio oeste ainda não foi devidamente compreendida. Esta ocorrência pode estar relacionada a: (i) Entrada de diques posteriores (não mapeáveis) de idade paleoproterozóica no domínio oeste conforme sugerido por Pinese (1997) ou (ii) influência de anomalia termal associada a alguma intrusão não identificada até o momento.

2 – O contato entre a serra e os domínios adjacentes é um contato tectônico, entretanto não foram reconhecidas feições como lineação de estiramento e indicadores cinemáticos da falha, para determinar precisamente o tipo de falha e o sentido do transporte tectônico.

3 – Ao norte da área de estudo foi realizada uma seção geológica seccionando as unidades da serra onde pôde ser observada uma diferente configuração estrutural (Fig. 34; Seção D-D'), e uma aparente diminuição do grau metamórfico devido a ocorrência de sericita-quartzo-filito ao invés de granada-muscovita-xisto. Isso sugere que o LIJB apresenta diferentes configurações estruturais e metamórficas ao longo de diferentes setores.



**Figura 34.** Representação esquemática da seção D-D' realizada na porção norte da serra de Bom sucesso fora da principal área de mapeamento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albert, A., Farina, F., Lana, C., Stevens, G., Gerdes, A., Dopico, C. M. 2016. Archean crustal evolution in the Southern São Francisco craton, Brazil: Constraints from U-Pb, Lu-Hf and O isotope analyses. *Lithos*, v. 266-267, p. 64-86.
- Alkmim F.F. 2004. O que faz de um cráton um cráton? O cráton do São Francisco e revelações Almeidianas ao delimitá-lo. In: Mantesso-Neto, V., Bartorelli, A., Carneiro, C.D.R., Brito-Neves, B.B. (orgs.) *Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. Beca Editor, São Paulo, p. 17-35.
- Alkmim, F.F., Martins-Neto, M.A. 2012. Proterozoic first-order sedimentary sequences of the São Francisco Craton, eastern Brazil. *Marine and Petroleum Geology*, v. 33, p. 127-139.
- Almeida F.F.M. 1977. O Cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 7, p. 349-364.
- Ávila, C.A., Teixeira, W., Cordani, U.G., Moura, C.A.V., Pereira, R.M. 2010. Rhyacian (2.23–2.20 Ga) juvenile accretion in the southern São Francisco craton, Brazil: Geochemical and isotopic evidence from the Serrinha magmatic suite, Mineiro belt. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 29, p. 464-482.
- Ávila, C.A.; Teixeira, W.; Bongiolo, E.M.; Dussin, I.A.; Vieira, T.A.T., 2014. Rhyacian evolution of subvolcanic and metasedimentary rocks of the southern segment of the Mineiro belt, São Francisco Craton, Brazil. *Precambrian Research*, v. 243, p. 221-251.
- Baltazar, O.F., Zucchetti, M. 2007. Lithofacies associations and structural evolution of the Archean Rio das Velhas greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero, Brazil: A review of the regional setting of gold deposits. *Ore Geology Reviews*, v. 32, p. 471-499.
- Barbosa, N. S., Teixeira, W., Ávila, C.A., Montecinos, P.M., Bongiolo, E.M. 2015. 2.17-2.10 Ga plutonic episodes in the Mineiro belt, São Francisco Craton, Brazil: U-Pb ages, geochemical constraints and tectonics. *Precambrian Research*, v. 270, p. 204-225.
- Babinski, M.; Chemale JR, F.; Van Schmus, W.R. 1995. The Pb/Pb age of Minas Supergroup carbonate rocks, Quadrilátero Ferrífero, Brazil. *Precambrian Research*, v. 72, p. 235-245.
- Campos, J.C.S. 2004. O lineamento Jeceaba-Bom Sucesso como limite dos terrenos arqueanos e paleoproterozóicos do cráton São Francisco meridional: evidências geológicas, geoquímicas (rocha total) e geocronológicas (U-Pb). Tese de doutorado, Departamento de Geologia da Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, p. 191.
- Campos, J.C.S., Carneiro, M.A. 2008. Neoarchean and Paleoproterozoic granitoids marginal to the Jeceaba-Bom Sucesso lineament (SE border of the southern São Francisco craton): Genesis and tectonic evolution. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 26, p. 463-484.
- Da Silva, L. C., Noce, C. M., Lobato, L. M. 2000. Dacitic volcanism in the course of the Rio das Velhas (2800-2690 Ma) orogeny: a brazilian archaean analogue (TTD) to the modern adakites. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 30, p. 384-387.
- Farina, F., Albert, C., Lana, C. 2015. The Neoarchean transition between medium and high-K granitoids: clues from the Southern São Francisco Craton (Brazil). *Precambrian Research*, v. 266, p. 375-394.

- Farina, F., Albert, C., Martínez Dopico, C., Aguilar Gil, C., Moreira, H., Hippertt, J.P., Cutts, K., Alkmim, F.F., Lana, C. 2015. The Archean-Paleoproterozoic evolution of the Quadrilátero Ferrífero (Brasil): Current models and open questions. *Journal of South American Earth Sciences*, in press, p. 1-18.
- Hartmann, L.A., Endo, I., Suita, M.D.F., Santo, J.O.S., Frantz, J.C., Carneiro, M.A., McNaughton, N.J., Barleu, M.E. 2006. Provenance and age delimitation of Quadrilátero Ferrífero sandstones based on zircon U-Pb isotopes. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 20, p. 273-285.
- Lana, C., Alkmim, F.F., Armonstrong, R., Scholz, R., Romano, R., Nalini Jr., H.R. 2013. The ancestry and magmatic evolution of Archaean TTG rocks of the Quadrilátero Ferrífero province, southeast Brazil. *Precambrian Research*, v. 231, p. 157-173.
- Machado, N.; Noce, C.M.; Ladeira, E.A.; Oliveira, O.B. 1992. U-Pb Geochronology of Archean magmatism and Proterozoic metamorphism in the Quadrilátero Ferrífero, southern São Francisco craton, Brazil. *Geological Society of America Bulletin*, v. 104, p. 1221-1227.
- Machado, N., Schrank, A., Noce, C.M., Gauthier, G. 1996. Ages of detrital zircon from Archean-Paleoproterozoic sequences: Implications for Greenstone-Belt setting evolution of a Transamazonian foreland basin in Quadrilátero Ferrífero, southeast Brazil. *Earth and Planetary Science Letters*, v. 141, p. 259-276.
- Moreno, J.A., Baldim, M.R., Semprich, J., Oliveira, E.P., Verma, S.K., Teixeira, W. 2017. Geochronological and geochemical evidences for extension-related Neoarchean granitoides in the southern São Francisco Craton, Brazil. *Precambrian Research*, v. 294, p. 322-343.
- Neri, M. E. N. V. 2012. Supergrupo Minas na serra de Bom Sucesso, extremos sudoeste do Quadrilátero Ferrífero – MG: petrografia, geoquímica e isótopos de U-Pb. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, p. 141.
- Neri, M.E.N.V.; Rosière, C.A.; Lana, C.C. 2013. Supergrupo Minas na Serra de Bom Sucesso, extremo sudoeste do Quadrilátero Ferrífero – MG: petrografia, geoquímica e isótopos de U-Pb. *Revista do Instituto de Geociências – USP*, v. 13, p. 175-202.
- Pinese, J.P.P. 1997. Geoquímica, geologia isotópica e aspectos petrológicos dos diques máficos pré-cambrianos da região de Lavras (MG), porção sul do Cráton São Francisco. Tese de doutorado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, p. 192.
- Quéménéur, J.J.G. 1987. Esboço estratigráfico, estrutural e metamórfico da Serra de Bom Sucesso, MG. In: 4º. Simpósio de Geologia de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1987, 1229 Anais, p. 135-148.
- Quéménéur, J.J.G.; Ribeiro, A.; Trouw, R.A.J.; Paciullo, F.V.P.; Heilbron, M. 2003. Geologia da folha Lavras. In: Projeto sul de Minas, Etapa I, Capítulo 7. COMIG, UFMG, UFRJ e UERJ, p.259 – 319.
- Ruchkys, U. A., Machado, M. M. M., Noce, C. M. 2011. Meta-Komatítos do Morro do Onça, um Importante Sítio Geológico do Quadrilátero Ferrífero –MG. *Geonomos*, v. 19 (2), p. 100-106.



Romano, R., Lana, C., Alkmin, F.F., Stevens, G., Armstrong, R. 2013. Stabilization of the southern portion of the São Francisco craton, SE Brazil, through a long-lived period of potassic magmatism. *Precambrian Research*, v. 224, p. 143-159.

Teixeira, W., Ávila, C.A., Dussin, I.A., Corrêa Neto, A.V., Bongiolo, E.M., Santos, J.O., Barbosa, N.S. 2015. A juvenile accretion episode (2.35–2.32 Ga) in the Mineiro belt and its role to the Minas accretionary orogeny: Zircon U–Pb–Hf and geochemical evidences. *Precambrian Research*, v. 256, p. 148-169.

Silva, P.R.S. 2017. Mapeamento geológico e caracterização mineralógica do metagranitoide Aureliano Mourão, sudoeste da serra de Bom Sucesso, Minas Gerais. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, p. 69.

Silveira, V.S.L. 2016. Mapeamento Geológico e petrografia do metagranitoide Bom Sucesso e dos diques de metadiabásio, Noroeste da Serra de Bom Sucesso, Minas Gerais. Trabalho de Conclusão de curso (Bacharelado em Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, p. 83.

## **ANEXO I: MAPA GEOLÓGICO E DE PONTOS**



Mapeamento geológico-estrutural ao longo do lineamento Bom Sucesso na região de Ibituruna, MG.

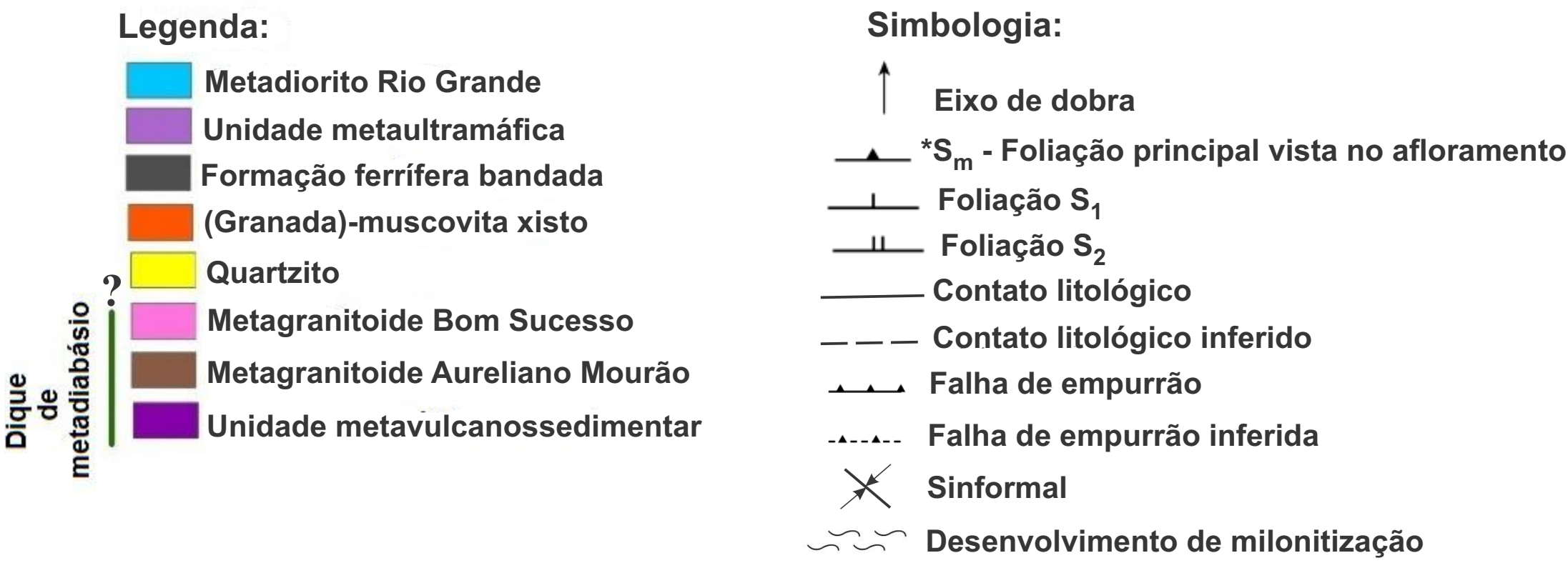
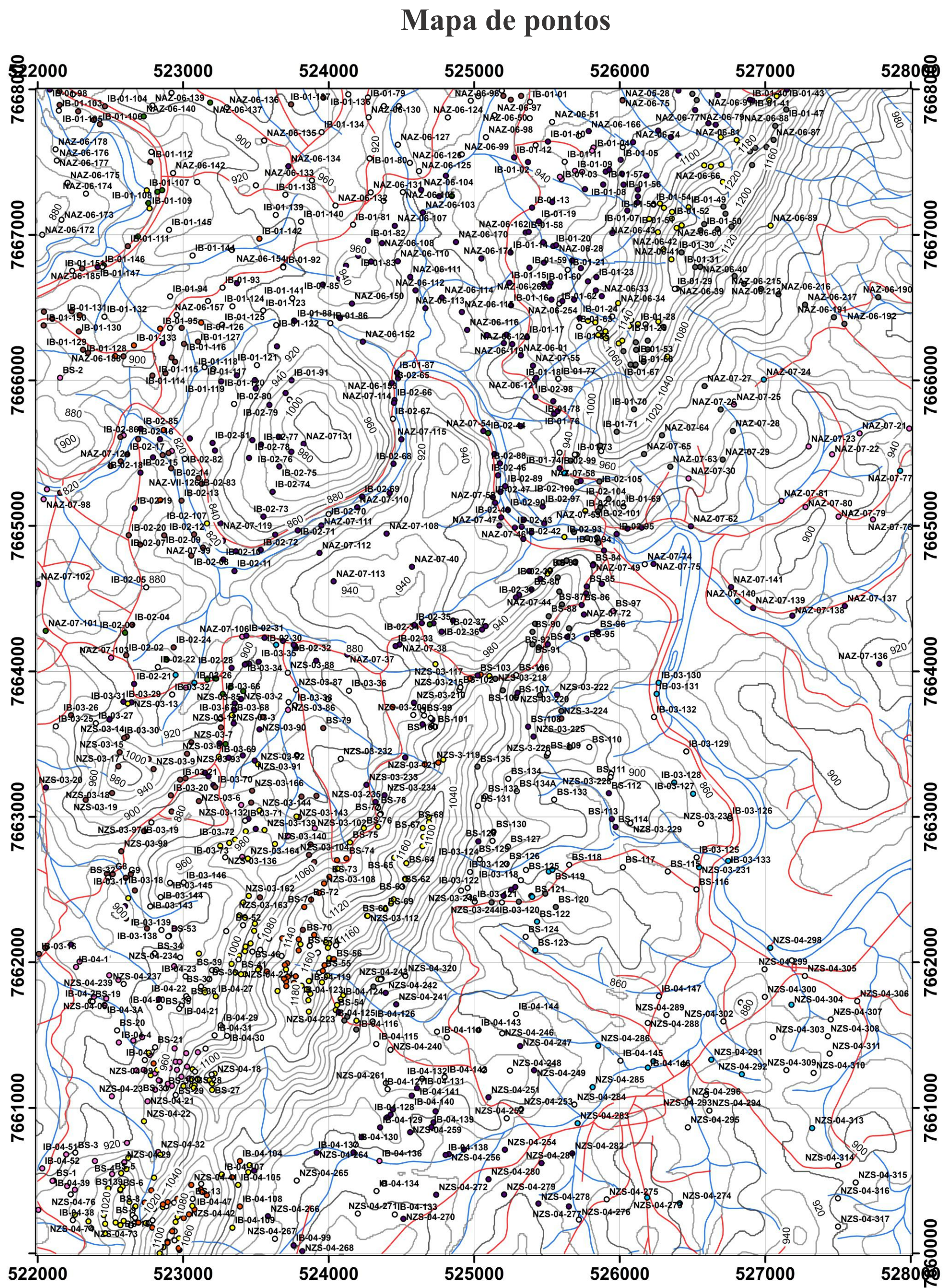
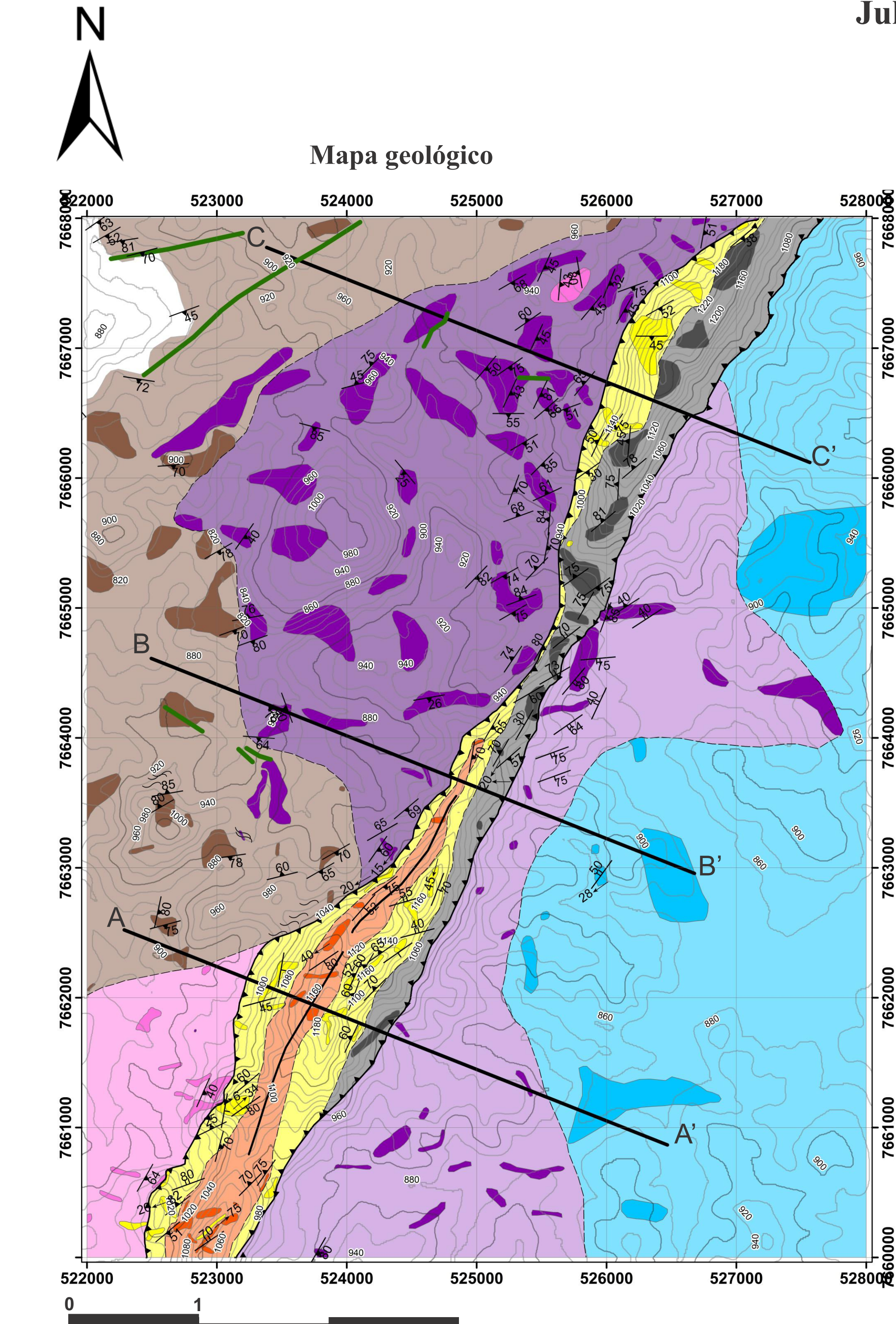
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Trabalho de conclusão de curso

Bianca Saraiva Borges

Departamento de Geologia - UFRJ

Julho de 2017



Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 23S  
Projection: Transverse Mercator  
Datum: WGS 1984  
false easting: 500.000,0000  
false northing: 10.000.000,0000  
central meridian: -45,0000  
scale factor: 0,9996  
latitude of origin: 0,0000  
Units: Meter

289 pontos mapeados - BS-XX e NZS-03-XX  
860 pontos mapeados por grupos anteriores - IB-, NAZ- e NZS-XX-XX  
Afloramentos marcados em tons mais escuros.  
\*Foliação principal (S1 ou S2 indiscriminada).

Seções geológicas (NW-SE)

